HANDBUCH DER PFLANZEN-KRANKHEITEN

BAND I

FÜNFTE AUFLAGE


EIGENTUM
VON

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

Begründet von

Paul Sorauer

In fünf Bänden herausgegeben

von

Dr. O. Appel,
Geh. Reg.-Rat, Direktor der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin

Dr. Paul Graebner,
Kustos und Professor am Botanischen Garten, Dozent a. d. Universität und der Höheren Gärtnerlehranstalt in Berlin

und

Dr. L. Reh,
Professor, Abteilungsvorstand am Naturhistorischen Museum in Hamburg



BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW, Hedemannstr. 10 u. 11
1924

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

Begründet von

Paul Sorauer

Erster Band

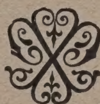
Die nichtparasitären Krankheiten

Fünfte Auflage

neu bearbeitet von

Dr. Paul Graebner

Kustos und Professor am Botanischen Garten,
Beauftragter Dozent a. d. Universität u. d. Höh. Gärtnerlehranstalt in Berlin



Mit 271 Textabbildungen

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW., Hedemannstr. 10 u. 11
1924

Vorwort zur vierten und fünften Auflage.

Paul Sorauer, der Begründer dieses Werkes, wurde am 9. Juni 1839 in Breslau geboren und starb am 9. Januar 1916 in Berlin. Das große Verdienst Sorauers war es, daß er auf die ungeheuere wirtschaftliche und wissenschaftliche Bedeutung der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten hinwies, daß er als erster die Literatur zusammenstellte und die physiologischen Störungen in ihrer Gesamtheit zu ergründen suchte. Bereits 1879 gab er sein Handbuch der Pflanzenkrankheiten heraus, welches jetzt in 5. Auflage erscheint. Die 2. Auflage 1886 umfaßte 2 Bände, die dritte, 1908—1913, deren 3. Die gesamte Literatur sammelte Sorauer dann fortlaufend in der von ihm 1891 begründeten und bis zu seinem Tode herausgegebenen Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, die jetzt von Kirchner und v. Tubeuf weiter geleitet wird.

Als die Verlagsbuchhandlung an mich mit der Aufforderung herantrat, die vierte Auflage dieses Bandes zu besorgen, war ich mir wohlbewußt, welche schwierige Aufgabe ich hier übernehmen würde. War doch die Literatur über dieses früher so vernachlässigte und dabei wirtschaftlich so ungemein wichtige Fach so ungeheuer angeschwollen, daß es, trotzdem ich seit mehr als einem Vierteljahrhundert die nichtparasitären Krankheiten lehrend vortrage, galt, umfangreiche Ergänzungsstudien einzuleiten.

Jedem Benutzer der dritten Auflage dieses Bandes wird bekannt sein, wie ungeheuer schwer es ist, sich dort in den so vielseitigen Stoff zurechtzufinden. Ich habe es deshalb für meine vornehmste Aufgabe gehalten, möglichst unter Anpassung an die Sorauersche Einteilung, eine scharfe Abgrenzung der Gebiete und damit Kapitel vorzunehmen, um dadurch ein Eindringen in die Materie für den Studierenden und eine schnelle Orientierung für den Fachmann zu ermöglichen. An den Grenzgebieten wurden möglichst zahlreiche Verweisungen angebracht. In der fünften Auflage wurde starkes Gewicht auf die Darstellung der enzymatischen Krankheiten gelegt, die sicherlich in der Zukunft eine erheblich wichtigere Rolle spielen werden, als man heute ahnen kann.

Eine Anzahl Abbildungen, namentlich photographische Aufnahmen, wurden neu angefertigt.

Für die Anfertigung des Registers und Inhaltsverzeichnisses danke ich meinem Sohne Dr. phil. Paul Graebner.

Berlin-Lichterfelde, 29. Juni 1924.

Paul Graebner.

Aus dem Vorwort zur dritten Auflage.

Für die dritte Auflage meines Handbuches habe ich die Unterstützung von Herrn Prof. Dr. Lindau und Herrn Dr. Reh erbeten. Ersterer hat in dem zweiten Bande unseres Werkes die pflanzlichen Parasiten behandelt, letzterer die tierischen Feinde in einem dritten Bande zu bearbeiten übernommen.

Ein solche Hilfe schien mir notwendig, weil die seit dem Erscheinen der zweiten Auflage veröffentlichten Untersuchungen so zahlreich sind, daß zur Bewältigung des Materials lange Zeit erforderlich wäre. Es würde daher unvermeidlich sein, daß der Anfang des Werkes bereits zu veralten beginnt, wenn die letzten Bogen erscheinen. Auch selbst bei der hier vorgenommenen Arbeitsteilung läßt sich dieser Übelstand nicht ganz umgehen, und wir haben uns dadurch zu helfen gesucht, daß wir einige der wichtigeren neuen Arbeiten in einem „Nachtrage" erwähnen. Wenn, von der älteren Literatur namentlich, Arbeiten vermißt werden, so erklärt sich dies aus dem Umstande, daß wir hauptsächlich diejenigen Studien herbeigezogen haben, die zur Stütze unserer Darstellung notwendig gewesen sind. Ein ausführlicher Literaturnachweis ist nur bei monographischer Behandlung der einzelnen Krankheiten möglich.

Die Bearbeitung des ersten Bandes, der die nichtparasitären Krankheiten umfaßt, hatte ich mir vorbehalten. Nach meinem bereits im Vorwort der zweiten Auflage genügend gekennzeichneten Standpunkt ist es erklärlich, daß dieser Band der umfangreichste ist, weil ich auf die Kenntnis der durch Witterungs-, Boden- und Kulturverhältnisse hervorgerufenen Krankheiten das Hauptgewicht lege. Die durch diese Faktoren hervorgerufenen Störungen sind nicht nur die häufigsten und nachhaltigsten, sondern sie bilden auch vielfach die Einleitung für parasitäre Erkrankungen.

Deshalb war ich besonders bestrebt, gestützt auf eigene Studien und die Beobachtungen anderer Forscher, zu zeigen, wie dieselbe Pflanzenspezies je nach Lage und Bodenbeschaffenheit in ihrem Aufbau und ihren Lebensgewohnheiten sich ändern kann; je nach der verschiedenen Konstitution, die ein Individuum erlangt, ist dasselbe bald mehr zu einer gewissen Erkrankungsform geneigt, bald widerstandsfähiger.

Dies gilt auch für das Verhalten den parasitären Organismen gegenüber, und daraus ergibt sich, daß letztere nicht nur durch direkte Vernichtungsmittel bekämpft werden müssen, sondern daß das Hauptgewicht auf eine Änderung des Mutterbodens eines jeden Parasiten, d. h. auf eine Konstitutionsänderung der Nährpflanzen zu legen ist. Wir müssen also in der Anzucht widerstandsfähiger Rassen unsere wesentlichste Aufgabe sehen. Diese Theorie von der Prädisposition der einzelnen Organismen

parasitären Angriffen gegenüber, mit welcher der Unterzeichnete bei Herausgabe der ersten Auflage dieses Werkes allein stand, zählt nunmehr viele der bedeutendsten Forscher zu ihren Anhängern.

Und so hoffe ich, wird die Idee, die ich seit Beginn meiner wissenschaftlichen Tätigkeit verfochten, nämlich die Ausgestaltung einer *rationellen Pflanzenhygiene*, endlich zum Durchbruch kommen. Wir müssen lernen, den Organismus vor Erkrankung von vornherein zu bewahren, und dürfen erst in zweiter Linie, notgedrungen, dazu schreiten, den bereits erkrankten Organismus zu heilen.

Schöneberg, im Oktober 1908.

Paul Sorauer.

Inhalt.

Allgemeiner Teil.

Spezieller Teil.

Erste Abteilung. Krankheiten durch ungünstige Bodenverhältnisse.

Vierte Abteilung. **Wunden.**

Allgemeiner Teil.

Erster Abschnitt.

Geschichtliches.

Bei einer so jungen Disziplin wie der Phytopathologie wird man kaum eine Geschichte der Wissenschaft voraussetzen. Und in der Tat ist der Zeitpunkt, seit welchem die Lehre von den Pflanzenkrankheiten als besonderer Wissenszweig von den Mutterdisziplinen sich losgelöst hat, uns so naheliegend, daß wir seinen Entwicklungsgang noch vollständig zu übersehen vermögen.

Wenn aber auch die Forschungsform noch neu ist, so ist doch das Material, nämlich die Meldungen über die Krankheiten der Pflanzen, sehr alt, in der Geschichte weit zurückreichend, und wir können nicht fehlgehen, wenn wir annehmen, daß die Krankheiten seit der Existenz der Pflanzen vorhanden und die Beobachtungen über dieselben zu der Zeit angefangen haben, in welcher eine Pflanzenkultur begonnen hat.

Eine der ältesten Bezeichnungen gewisser Krankheitsformen, die uns entgegentreten, ist der Name „Brand", und deshalb wollen wir versuchen, an der Hand der unter diesem Namen zusammengefaßten Krankheitserscheinungen den Werdegang unserer Disziplin zu verfolgen.

Wie die späteren Mitteilungen ersehen lassen, sind von den Autoren zunächst wohl alle Erscheinungen als „Brand" bezeichnet worden, welche dem Auge in der Farbe des Verbrannten bzw. Brennenden oder Verkohlten, also schwarz oder rot entgegentraten. Demgemäß umfaßt der „Brand" einerseits die Krankheitsgruppen an Bäumen, bei denen die tote Rinde ein geschwärztes Aussehen annahm, anderseits auch die Beschädigungen des Getreides, deren Ursachen wir jetzt auf Brand- oder Rostpilze zurückführen können.

Wenn wir zunächst in der ältesten Kulturgeschichte der Erde, der Bibel, nach Angaben über Krankheiten und speziell über Brand suchen, so finden wir z. B. folgende Stelle[1]): „Wenn eine Teuerung, oder Pestilenz, oder Dürre, oder Brand, oder Heuschrecken, oder Raupen im Lande sein werden, oder sein Feind im Lande seine Tore belagert, oder irgendeine Plage oder Krankheit . . ." — Eine andere Stelle lautet: „Der Herr wird Dich schlagen mit Schwulst, Fieber, Hitze, Brunst, Dürre[2]), giftiger Luft und Gelbsucht und wird Dich verfolgen, bis er Dich umbringe[3])."

[1]) 1. Buch Könige, Kap. 8, 37. — 2. Buch Chronika, Kap. 6, 28.

[2]) Und es geschahe nach ettlichen Tagen, daß der Bach vertrocknete, denn es war kein Regen im Land. 1. Buch Könige, Kap. 17, 7.

[3]) 5. Buch Mos., Kap. 28, 22.

Aus diesen Stellen zieht Eriksson[1]) den Schluß, daß es sich bei diesen mehr als zweitausend Jahre alten Mitteilungen um Brand und Rost am Getreide gehandelt habe. Er zitiert das Wort Schiddafôn (Hitze) für Brand und Jerakôn (Gelbheit) für Rost.

Auf Brand im Getreide weisen auch folgende, bereits von Pammel[2]) herbeigezogene Aussprüche hin: „Ich plagte Euch mit dürrer Zeit und mit Brandkorn; so fraßen auch die Raupen alles, was in Euren Gärten, Weinbergen, Feigenbäumen und Ölbäumen wuchs[3]).“ Und sehr bezeichnend für die Größe der Mißernte ist die Stelle in Haggai[4]): „Wenn einer zum Kornhaufen kam, der zwanzig Maß haben sollte, so waren kaum zehn da; kam er zur Kelter und meinete fünfzig Eimer zu schöpfen, so waren kaum zwanzig da. Denn ich plagte Euch mit Dürre, Brandkorn und Hagel in aller Eurer Arbeit“, oder: „Und ich habe die Dürre gerufen, beides, über Land und Berge, über Korn, Most, Öl und über Alles, was aus der Erde kommt; auch über Leute und Vieh, und über alle Arbeit der Hände“[5]).

Unter den griechischen Schriftstellern erwähnt Aristoteles (384 bis 322 v. Chr.) bereits die Rostjahre, und Theophrastos von Eresos (371 bis 286 v. Chr.) kennt schon die verschiedene Empfänglichkeit der einzelnen Getreidevarietäten gegenüber den Rosterkrankungen[6]). Er berichtet auch über die zweite Art der als Brand bezeichneten Erscheinungen, nämlich über den Rindenbrand der Bäume, indem er (Buch IV, Kap. 14) sagt, daß die zahmen Bäume an mehreren Krankheiten leiden. Unter diesen sind einige allen Bäumen gemeinsam; andere suchen nur bestimmte Baumarten heim. Eine gemeinsame Krankheit ist es, daß sie von Würmern oder vom Brande ergriffen werden.

Speziell spricht Theophrastos, dessen Angaben nach Kirchner[7]) sicherlich auf eignen Beobachtungen beruhen, vom Brand und Krebs der Feigenbäume, und erwähnt dabei, daß sich die Krankheiten der Bäume nach dem Klima (wie bei den Tieren) zu richten scheinen, da in einigen Gegenden die Bäume gesund seien. Der Feigenbaum, sagt er dann weiter, wird am meisten vom Brand und Krebs ergriffen. Brand (*Sphakelismos*) aber nennt man, wenn die Wurzeln schwarz werden, Krebs (*Krados*), wenn es die Zweige werden. Der wilde Feigenbaum dagegen bekommt weder den Krebs noch den Brand.

Über eine Ursache des Brandes belehrt uns die Angabe, daß einige verderbliche Zufälle durch den Einfluß der Witterung und des Standortes entstehen. Man könne eigentlich derartige Zufälle nicht recht als Krankheit bezeichnen, wie z. B. das Gefrieren, und was einige den Brand heißen. An einigen Orten töten und verbrennen auch gewisse Winde die

[1]) Eriksson, Die Getreideroste. Stockholm 1894. S. 8. (Hier eingehende geschichtliche Mitteilungen über Rost).

[2]) Pammel, L. H., Weems, J. B., und Lamson-Scribner, The grasses of Iowa, Iowa Geog, Survey Bull. I. Des Moines, Iowa 1901. II. (1904).

[3]) Amos, Kap. 4, 9.

[4]) Haggai 2, 17. 18.

[5]) Haggai 1, 11.

[6]) Naturgeschichte der Gewächse. Übersetzt und erläutert von Sprengel. Altona 1822. I. 8. Buch X. Kapitel.

[7]) Kirchner, Die botanischen Schriften des Theophrast von Eresos. Jahrb. f. klassische Philologie. Leipzig 1874. — Über Theophrast, Plinius, Ibn-al-Awam, Leonhardo da Vinci u. a. vgl. Savastano, I precursori della patologia vegetale. Boll. Agricolt. Ital. V. (1909).

Gewächse, wie bei Chalcis in Euböa, wo der Nordwest, wenn er kurz vor der Sonnenwende steht, kalt ist; er macht die Bäume so dürr und trocken, wie es kaum durch die Sonne geschehen könnte.

Ob die als Krebs hier erwähnte Krankheit Ähnlichkeit mit den von uns jetzt als Krebs bezeichneten Wucherungen hat, bleibt zweifelhaft. Sicher aber ist, daß Holzwucherungen ebenfalls beobachtet worden sind. Wenn es sich dabei nicht um wirkliche Krebsgeschwülste gehandelt hat, dürften wohl Erscheinungen damit gemeint sein, sie wir jetzt als Knollenmaser ansprechen würden. Derartige Geschwülste sah Theophrastos bei dem Ölbaum und benennt sie Nagel (*helos*) oder Schorf (*lopas*), weil sie gleichsam napfförmige Nägel an den Bäumen darstellen. Von diesen Nägeln sagt Sprengel, daß sie in neuerer Zeit sehr häufig bei den Oliven in Italien vorkämen. Sie zeigen sich als runde, warzige, in der Mitte napfförmig vertiefte Auswüchse der Rinde, unter denen sich auch ähnliche Anschwellungen des Holzkörpers vorfinden; bei uns finden sich ähnliche Bildungen z. B. bei der Rotbuche.

Es ist kaum zu glauben, daß die von dem scharf beobachtenden Schüler des Aristoteles geäußerten Ansichten über die hier erwähnten Krankheitserscheinungen sich im Laufe der nächsten Jahrhunderte wesentlich geändert haben; denn sonst würde der berühmte Enzyklopädist, der von 23 bis 79 n. Chr. lebende Plinius Secundus[1]), der eine reiche Quellenkenntnis besaß, weiteres Material beigebracht haben, zumal er gewissenhaft die von Cato (De re rustica) und andern Schriftstellern gemachten Angaben über den Einfluß der Gestirne und das Sterben der Bäume infolge von Kälte, Hitze, ungünstiger Lage, Boden, Düngung, falschem Beschneiden u. dgl. registriert. Betreffs des Einflusses der Witterungsfaktoren, der Kulturfehler, der zu Erkrankungen disponierenden Umstände usw. enthalten die in seiner „Naturgeschichte“ niedergelegten Erfahrungen äußerst viel Beachtenswertes.

In der Ausgabe der „Römischen Prosaiker“ von Osiander und Schwab hat der Übersetzer des Plinius (Külb) eine Zusammenstellung der von diesem benutzten Quellen und spezielle Bemerkungen über die in der „Naturgeschichte“ angeführten Schriftsteller gegeben. Für eine vollständige Geschichte der Phytopathologie liegt hier ein reiches Material vor. Wir dürfen uns mit dem Hinweis auf diese sorgfältig gesammelten griechischen und römischen Quellen begnügen und vielleicht nur noch an einigen Zitaten zeigen, wie weitgehende Erfahrungen bereits zu Beginn unserer Zeitrechnung vorhanden waren.

Nach obiger Bearbeitung finden sich im Buch XVII (37) von Plinius' Naturgeschichte die Anschauungen des Verfassers über die Frostwirkungen. Er sagt in sehr richtiger Beobachtung der Natur: „Auch kommen nicht die schwächsten Bäume durch den Frost in Gefahr, sondern die größten, und es werden also, wenn sie Not leiden, die höchsten Gipfel dürr, weil der von der Kälte gehemmte Saft nicht bis dahin gelangen kann.“ Über die Erscheinungen, welche wir jetzt als „Frostbrand“ bezeichnen würden, finden wir folgende Notiz: „Der böse Einfluß der Gestirne beruht ganz auf dem Himmel; deshalb muß man zu diesen Einwirkungen auch den Hagel sowie den Brand und den durch Reif verurachten Schaden rechnen. Der Brand ergreift nämlich die zarten Pflanzen, wenn sie, durch die Früh-

[1]) Plinii Secundi naturalis Historiae libri XXXVII. Buch 17, Kap. 37, vgl. Ausg. Strack II S. 215.

lingswärme gelockt, hervorzubrechen wagen, und versengt die milchigen Augen der Keime, was man an der Blüte ‚Kohle‘ nennt.“

Betreffs der sorgfältig kultivierten Weinstöcke heißt es: „Ein anderer schlimmer Einfluß der Gestirne (Witterungsfaktoren) ist das Berieseln (*roratio*, das Auffallen kalten Taues, Übers.), während sie verblühen, oder, wenn die Beeren, ehe sie wachsen, zu harten Körnern verdorren. Sie werden auch krank, wenn sie gefrieren und der Brand nach dem Beschneiden die Augen verletzt. Dieselbe Folge hat auch eine unzeitige Hitze; denn alles hat sein bestimmtes Maß und Ziel.“ Wir fassen jetzt diese Erfahrungen präziser in der Lehre vom Optimum, der Minimal- und Maximalgrenze der Wachstumsfaktoren zusammen.

Bezüglich der fehlerhaften Kulturmethoden wird angeführt, daß Krankheiten entstehen, wenn der Winzer die Reben zu fest bindet oder beim Umgraben die Wurzeln verletzt und den Stamm entrindet oder quetscht. Unter allen diesen Umständen ertragen sie (die Stöcke) weit schwerer Kälte und Hitze, weil jeder Nachteil von außen in die Wunde eindringt.

Unter den Heilmitteln wird das Schröpfen empfohlen, weil die dickwerdende Rinde die Stämme zusammenschnürt und sie würgt. Als Schutz gegen die Winterfröste wird erwähnt, daß man im Winter, wenn Schnee liegt, um die Weinstöcke Wassergräben ziehe, damit sie die Kälte nicht brandig mache.

Die reichlichsten Aufschlüsse über die Kulturmethoden und die dabei auftretenden Übel dürften in der im zehnten Jahrhundert erschienenen Sammlung von Exzerpten aus alten Ackerbauschriftstellern, der „Geoponika“, zu finden sein. Wir stützen uns auf die Bücher der bekannten vier römischen Geoponiker Marcus Cato, Terentius Varro, Palladius und Junius Moderatus Columella, in denen besonders der Düngerwirtschaft und dem Pfropfen Aufmerksamkeit geschenkt wird. Eine Zusammenstellung der Bücher über Landwirtschaft der genannten Autoren erschien zu Köln im Jahre 1536[1]).

Diesem Werke seien auch diejenigen Stellen entlehnt, welche zeigen, daß die Bezeichnung „Rost“ als Krankheitsursache sehr frühen Ursprungs ist. So erwähnt Varro im ersten Kapitel unter den Gottheiten „*qui maxime agricolarum duces sunt*“ . . . „*Quarto Robigum, et Floram, quibus propitiis, neque rubigo frumenta, atque arbores, corrumpit, neque non tempestive florent. Itaque publicae Robigo feriae, robigalia, Florae ludi, floralia instituti.*“ Wahrscheinlich galt der Ausdruck „Rost“ für alle rostfarbigen krankhaften Verfärbungen der Gewächse: denn wir finden das Wort *Robigo* bei Columella zur Bezeichnung einer Weinkrankheit gebraucht, die durch das Räuchern der Weinberge bei Frostgefahr vermieden werden kann. In seinem Buche „*de arboribus*“ behandelt Kapitel XIII: *Ne rubigo vineam vexet.* Es wird empfohlen: „*Palearum aceruos inter ordines uerno tempore positos habeto in uinea: cum frigus contra temporis consuetudinem intellexeris, omneis aceruos incendito, ita fumus nebulam et rubiginem remouebit.*“ — Betreffs des wechselnden Gebrauches von „*Robigo*“ und „*Rubigo*“ findet sich in der „Enarratio priscarum vocum“ folgende Stelle: „*Robigo, deus, quem putabant rubiginem auertere, est autẽ Rubigo morbus segetum*“[2]).

---

[1]) De re rustica M. Catonis liber I, M. Terentii Varronis lib. III, Palladii lib. XIV et J. M. Columellae lib. XIII. Priscarum vocum in libris de re rustica enarrationes, per Georgium Alexandrinum. Coloniae, Joannes Gymnicus. Anno MDXXXVI.

[2]) Hier wie bei den übrigen Zitaten folgen wir in der Schreibweise genau unsern Quellen.

Von den Beobachtungen und Anschauungen der Römer, die im Plinius sich zusammengefaßt finden, zehrten die nächsten anderthalb Jahrtausende. Denn E. Meyer[1]) berichtet bei Petrus de Crescentiis, der 1305 sein großes Werk schrieb, welches in den ersten acht Büchern von der Landwirtschaft handelt, daß seit Palladius niemand über Landwirtschaft in lateinischer Sprache geschrieben hätte. Aus der griechischen Sammlung der Geoponika besaß man nur Bruchstücke. Die älteren Werke Varros und Columellas paßten nicht mehr zu den Verhältnissen der Zeit, so daß ein zeitgemäßes Buch über Landwirtschaft ein Bedürfnis war. Aber obgleich Petrus de Crescentiis eine wissenschaftliche Begründung der Landwirtschaft anstrebte und, der Liebhaberei des Altertums und des Mittelalters entsprechend, zahlreiche Anweisungen zum Pfropfen der Bäume verschiedener Art gab, enthält sein Werk doch eigentlich weniger als die Bücher der alten Autoren. Ebenso wiederholt im Jahre 1600 auch noch Colerus[2]) nur die früheren Angaben über Rindenauftreibungen, „Schwulst der Bevme", unter denen eine jauchige Flüssigkeit sich entwickle. Dabei erhält sich der Glaube an den Einfluß der Gestirne in unerschütterlicher Festigkeit.

Beispielsweise erzählt uns noch der ehrenwerte Rostocker Professor Peter Lauremberg in seiner 1631 erschienenen „Horticultura"[3]), daß gewisse Gestirne, wie der Orion, Plejaden u. a., besonders schädlichen Einfluß ausüben, und daß infolge schädlicher Witterungseinflüsse die sogenannten „heimlichen Übel" entstehen, zu denen Rost, Karbunkel und Brand[4]) gehören.

Einen Fortschritt in der Erkenntnis der Bedeutung der Krankheiten können wir natürlich nur bei den Praktikern erwarten, deren Bemühungen bei der Kultur am empfindlichsten durch die sich geltend machenden Beschädigungen gestört werden. In dieser Beziehung interessant ist das seinerzeit berühmte Werk des „Kurfürstlichen Gartenvorstehers Heinrich Hesze"[5]). Er spricht über das Dürrwerden der Äste, das er den „kalten Brand" nennt. „Sonsten hat man drey Haupt-Ursachen, um welcher willen die Bäume brandig werden. Erstlich wegen überflüssiger Feuchtigkeit, welche in Entzündung des Saftes zwischen Holtz und Rinde ersticket und alsdann die Rinde erhebet, brandig und dürre machet. Die andere Ursache ist diese, daß offtmals unbedachtsamer Weise und mit Unverstand ein Baum anders gesetzet wird, als er vorher gestanden. Dieses ist ihnen hochschädlich, denn die Rinde, so braunfarbig ist und gegen Morgen oder Mittag gestanden hat, ist daselbst viel härter, als an den Seiten, so gegen Nord oder Abend gestanden hat, als welche gemeiniglich grün, zart und unzeitig ist — alsdenn muß ohnfehlbar ein Schade daraus entstehen, sintemalen die Nordseite der Mittags-Sonne gar nicht gewohnet, und wird sie nicht allein von der großen Hitze gedörret, sondern auch im Frühling durch harte Nachtfröste erschrecket und die Rinde in die Höhe gezogen, hernachmals durch die Sonne den Tag über ausge-

[1]) Geschichte der Botanik. IV, S. 148.

[2]) M. Johannis Coleri, Oeconomia und Haußbuch usw. Ander Theil. Wittenberg 1600. Buch V. Kap. 12.

[3]) Petri Laurembergii, Rostochiensis Horticultura. Francofurti 1631. Cap. XXXV.

[4]) Vgl. auch unten „Stille Übel".

[5]) Heinrich Heszens, Neue Gartenlust usw., vermehret und mit dreyen nützlichen Registern versehen durch Theodorum Phytologum. 1690.

trucknet und verbrennet, woraus alsbald der Brand entsteht, wie er denn gemeiniglich an der Seite, so gegen Mittag stehet, gemerket wird.“ — Hier haben wir positive eigne Beobachtungen vor uns. — Verfasser erzählt nun weiter, wie er derartig verkehrt gesetzte Bäume dennoch dadurch erhalten, daß er in den ersten Jahren nach dem Versetzen auf der fälschlich nach Mittag gewendeten Seite des Baumes einen Umschlag von Kuhkot, Haferspreu, Leim und Asche angebracht habe.

„Die dritte Ursache aber kommt daher, wenn ein Baum mit einem Brodmesser gepfropfet wird usw.“ Vielleicht hat Hesze eine parasitäre Infektion dabei im Auge gehabt und zu erklären versucht.

Über den Krebs äußert sich dieser Autor (S. 312) folgendermaßen: „Daß der Krebs eigentlich daher rühret, wenn ein Baum zu der Zeit, wenn der Mond im Zeichen des Krebses oder Skorpion läuft, gepfropfet wird . . .“ „Diese Krankheit kann man daran erkennen, daß die Rinde hin und wieder Bücklein aufwürfet und unter derselben es gleichsam tod und schwartz ist, welches dann immer weiter umb sich greiffet, bis es endlich den ganzen Stamm einnimmt. Es werden zwar von ein und anderen weitläufftige Ursachen des Krebses angeführt, allein die oben angeführte ist doch die allerwahrhaftigste.“

Zu diesem Ausspruch des berühmten Gärtners macht der Herausgeber folgenden Zusatz: „. . . was den Krebs anlanget, so wird niemand läugnen können, daß solcher offt oben auf den Bäumen, und zwar von dem Unflath, welcher zwischen dem Stamm und den Aesten auf denen Zwieseln sich sammlet, entstehet. Derowegen es höchst nöthig ist, daß man die Zwiesel allezeit rein halte und sie von allem Unflath säubere. So entspringet auch der Krebs offt von eben demselben auffwallenden Saffte, aus welchem der Brand entstehet und haben diese zwey Krankheiten offt einerley Ursache.“

Der Verfasser beschreibt hier deutlich die Erscheinung, die wir jetzt als Astwurzelkrebs bezeichnen, und wenn wir statt des „auffwallenden Safftes“ die Frostbeschädigungen (öfter mit nachträglicher Ansiedlung der *Nectria galligena*) setzen, so entspricht die Darstellung unserer jetzigen Auffassung über Brand und Krebs.

Um dieselbe Zeit schrieb in Frankreich de la Quintinye sein noch heute gesuchtes Buch: „Le parfait jardinier“[1]). Wir finden darin den Krebs kurz als eine Art Galle erwähnt (signifie une manière de galle ou de pouritture seiche), welche sich in der Rinde und im Holze bildet, wie man dies häufig an den Birnen (Poire de Robine, Petit Muscat, Bergamotte), sowohl am Stamm als an den Zweigen, findet. Der Begriff der Holzgeschwülste bei der Bezeichnung „Krebs“ findet sich dann weiter bei späteren Gartenschriftstellern, wie z. B. bei Fischer[2]).

Aus eigener vielfacher, praktischer Erfahrung urteilt der ruhmredige Agricola[3]) (geb. 1672), dessen wirkliche Verdienste in den zahlreichen,

---

[1]) Le parfait jardinier etc., Par feu Mr. de la Quintinye. Paris 1695. T. 1, p. 31.

[2]) R. P. Christophori Fischeri soc. j., Fleißiges Herrenauge usw. Nürnberg 1719. 5 Abt. I. S. 168.

[3]) Georg Andreas Agricolae, Philosophiae et Medicinae Doctoris und Physici Ordinarii in Regensburg. Versuch einer allgemeinen Vermehrung aller Bäume, Stauden und Blumengewächse anitzo auf ein neues übersehn usw. von C. G. Brauser. Regensburg 1772. Der Originaltitel lautete: „Neu und nie erhörter, doch in der Natur und Vernunft wohlbegründeter Versuch einer Universalvermehrung aller Bäume, Stauden und Blumengewächse.“ 1714—17.

1712 bis 1715 ausgeführten Versuchen über die ungeschlechtliche Vermehrung der Gewächse (namentlich auch Wurzelvermehrung) zu finden sind. Er widmet das fünfte Kapitel den „Zufällen und Krankheiten" usw. und äußert sich z. B. folgendermaßen: „Es regieret aber der Mehlthau, *Rubigo*, zuweilen wie eine Seuche unter den Bäumen, der im Frühling, wann sich die Erde eröffnet und die verschlossenen Dämpfe anfangen über sich zu steigen, die meisten beschädiget, und ist nichts anders, als ein sehr scharfer und beissender Thau, welcher von den Erddünsten, die sie über sich hat zusammengezogen, herrühret . . . Drittens findet sich eine Krankheit bei den Bäumen ein, welche der Sonnenbrand, oder Brand, *Uredo*, genennet wird. Dieser ist aber zweierlei. Erstlich wird er so genommen, wann ein subtiler Regen oder Thau anfällt und die Sonnenstrahlen darzwischen scheinen, und legt sich auf die Blätter. Dadurch werden die Löcher und Fasern schlapp und erweitert; die Sonnenhitze aber ziehet selbige alsobalden zusammen. Damit werden die Blätter verbrennt, beginnen braun und schwarz zu werden und fallen ab. Vor das andere, so findet sich ein solcher *Uredo* oder Brand, in den innerlichen Theilen des Baumes, in dem Mark . . . Die wahre Ursach aber, warum der Brand in Versetzung eines Baumes das Mark brandig macht, mag wol diese sein, weil der gemeinen Gärtner Gewohnheit ist, daß, wenn sie einen Baum versetzen, sie auch gemeiniglich die Wurzel beschneiden, und wissen nicht, was sie dem Baume vor einen Schaden verursachen. Denn die kleinsten Würzlein ziehen den meisten Saft aus der Erden an sich; die schneiden sie weg . . . Weil nun die Wurzel samt dem Mark offen und frei ist, so tritt die Feuchtigkeit hinein und verletzet das Mark . . ."

Betreffs des Krebses finden wir den „aufwallenden Saft" als Ursache betont in dem 1751 erschienenen Gartenlexikon von Riedel[1]). „Krebs, Baumkrebs, Kanker, Fresser. Also wird der schädliche Zufal an den Bäumen genannt, welcher sich an der Rinde derselben äusert, da solche hin und wieder Buckeln bekommt und aufspringet, worauf, wann dem fressenden Uebel nicht zeitig abgeholfen wird, ein Ast nach dem andern und endlich der ganze Baum verdirbet . . . Die wahre Ursach aber dieses schädlichen Zufals an den Bäumen ist entweder die böse Eigenschaft des Erdreiches, und die daher entstehende oder aufwallende böse Säfte, so sich zwischen der Rinde entzünden, welche, wenn man sie abnimmt, schwarz aussieht, oder der aufwallende überflüssige geile Saft, welcher wenn er im Aufwallen keinen Ausweg findet, erstikken und verderben mus, welches denn auch der Anlas zu der aufgeworfenen und aufgeborstenen Rinde ist."

Als Mittel gegen den Krebs empfiehlt der Autor das Ausschneiden der kranken Stelle und Verstreichen mit Baumwachs. Wenn der Boden die Ursache ist, sollte man diesen bis auf die Wurzeln wegnehmen und durch besseren ersetzen. Bei Saftüberfülle soll man im Februar den Stamm an der Basis anbohren und das Loch nach 1 bis 2 Tagen mit einem festen Holzpflock verkeilen oder eine starke Wurzel spalten, „da dann der überflüssige Saft unten abziehe".

Direkt auf Frost führt Philipp Miller[2]) Krankheitserscheinungen zurück, die er mit dem Namen „Brand" bezeichnet. Im wesentlichen

[1]) Riedel, Kurz abgefaßtes Gartenlexikon usw. Nordhausen 1751. S. 420.
[2]) Das Englische Gartenbuch oder Philipp Millers Gärtnerlexikon usw. Nach der fünften Ausgabe ins Deutsche übersetzt von Huth. Nürnberg 1750. S. 136.

sind die Millerschen Urteile eine Wiedergabe der Halesschen Ansichten, der unter Brand (*blast*) nicht nur Frost, sondern auch Sonnenbrand u. dgl. versteht. Wichtig wird Hales[1]) durch die Erwähnung der Übertragbarkeit des Krebses durch Veredlung und der bisweiligen Heilung desselben durch Ausschneiden. Bemerkenswert ist die Beobachtung des englischen Experimentators über den Einfluß der trocknen Frühjahrswinde, die das Laub versengen: ,,The considerable quantity of moisture which is perspired from the branches of trees, during the cold winter season, plainly shows the reason, why in a long series of cold northeasterly winds, the blossoms and tender young set fruit and leaves are in the early spring so frequently blasted, viz. by having the moisture exhaled faster than it can be suplied from the trees.“

Große Aufmerksamkeit wendet Duhamel[2]) den Frostschäden zu und erwähnt, daß die Bäume manchmal von Geschwülsten heimgesucht werden. Diese sind um so leichter zu heilen, je jünger sie sind. Es löst sich an irgendeiner Stelle des Stammes die Rinde vom Holze, und zwischen beide tritt eine fressende Eiterflüssigkeit. Diese Art fressender Geschwüre nennt man ,,Krebs“, der zu den durch Saftüberschuß erzeugten Krankheiten gezählt wird.

Das Niedersächsische Gartenbuch[3]) sieht die Veranlassung zu Brand und Krebs in zu dichtem Stand derBäume, nicht zusagendem Boden usw.

Während das Altertum und das Mittelalter sich bei ihren Beobachtungen über Pflanzenkrankheiten meist auf die Wahrnehmung der dem bloßen Auge entgegentretenden ausgebildeten Erscheinungen beschränkten und fast nur bei den Veredlungen durch den Versuch zur Lösung der Fragen des Pflanzenlebens schritten, sehen wir mit Hales und Duhamel das Experiment seine Wichtigkeit erlangen.

Gleichzeitig mit der Experimentalphysiologie beginnt nun auch der weitere Ausbau der phytopathologischen Systeme. — Die Geschichte der Systematik der Pflanzenkrankheiten behandelt Seetzen[4]).

Danach finden wir bereits ein fertiges System bei Tournefort[5]), dessen erste Klasse die Krankheiten aus innern Ursachen zusammenfaßt gegenüber der zweiten Klasse, der durch äußere Ursachen hervorgerufenen Krankheiten. Zur ersten Klasse rechnet er 1. La trop grande abondance du suc nourricier; 2. le défaut ou manque de ce suc; 3. quelques mauvaises qualités qu'il peut acquérir; 4. la distribution inégale dans les différentes parties des plantes. In der zweiten Klasse befinden sich: 1. La grêle; 2. la gelée; 3. la moisissure; 4. les plantes, qui naissent sur d'autres plantes; 5. la piqeure des insectes; 6. différentes tailles ou incisions, que l'on fait aux plantes.

---

[1]) Statical Essais containing Vegetable Staticks etc. by Steph. Hales. 2nd edit. London 1731. I, 35ff., 147, 369; II, 265.

[2]) La physique des arbres par Duhamel du Monceau. Paris 1758. S. 339.

[3]) Caspar Bechstedt, Vollständiges niedersächsisches Land- und Gartenbuch. Flensburg und Leipzig 1772. I, S. 151.

[4]) Systematum generatiorum de morbis plantarum brevis diiudicatio. Publico examini submittit Ulricus Jasper Seetzen. Gottingae MDCCLXXXIX.

[5]) Observations sur les maladies des plantes par M. Tournefort. Mém. de l'Ac. Roy. des Sciences à Paris 1705, p. 332.

Die Anschauungen Tourneforts finden wir in unsern heutigen Systemen wieder. Denn wir gruppieren die Krankheitsfälle nach Wasser- und Nährstoffüberschuß und -mangel, nach Schäden, die durch Witterungsextreme (Frost, Hagel) hervorgerufen werden, usw. Ebenso behandeln wir als gesonderten Abschnitt die Wunden und die hier bei Tournefort zum ersten Male auftretenden parasitären Krankheiten.

Weniger glücklich ist das kurz nach dem Tournefortschen erschienene System von Zwinger[1]), das ebenfalls zwei Hauptgruppen annimmt: 1. Allgemeine, 2. spezielle Krankheiten. Die erste umfaßt: La gangrène — le dessèchement — la surabondance de suc — le branchage excessif — une espèce de galle, qui manche l'ecorce. In der zweiten Hauptgruppe finden wir: Le dessèchement des racines — la separation de leur écorce — la grosseur excessive des racines, qui retiennent tout le suc de la plante — les excroissances — les coups et les blessures. Aus der Sonderung der nahe verwandten Erscheinungen ersehen wir, daß der Verfasser sein Material nicht beherrschte.

Eine dem Laien leicht faßliche Anordnung befolgt das Eysfarthsche System[2]), das als Einteilungsmodus die verschiedenen Lebensalter der Pflanze benutzt. In der ersten Klasse werden die Krankheiten der Keimungsperiode, in der zweiten die der eigentlich vegetativen Zeit und in der dritten die Störungen der Sexualperiode abgehandelt. Innerhalb jeder Klasse werden die Einflüsse der Witterungsextreme, die Tierbeschädigungen und sonstigen Verwundungen besprochen, und es figuriert auch bereits ein Kapitel ,,a rubigine aut pruina“. Die eingehende Klassifizierung zeigt, daß der Verfasser die Materie gut durchgearbeitet hat.

Auf die Tournefortsche Einteilung greift das System von Adanson[3]) zurück, indem es als erste Hauptgruppe die ,,maladies dûes à des causes externes“, als zweite die ,,maladies dûes à des causes internes“ aufstellt. Man merkt in der Einteilung bereits die Fortschritte der mikroskopischen Untersuchungen und die steigende Aufmerksamkeit, die den parasitären Pilzen zugewendet wird. Denn in der ersten Hauptgruppe beschäftigen sich die einzelnen Kapitel z. B. bereits mit: Le givre ou Jivre (*Erysiphe Fabricii*) — la rouille ἐρυσίφη Teophr., (*Rubigo*) — le charbon (*Ustilago*) — la pourriture (*Caries* Fabr.) usw.

Der Autor stützt sich vielfach auf die Terminologie von Fabricius, der wahrscheinlich schon vor Erscheinen des Gesamtsystems in einzelnen Abhandlungen seine Studien niedergelegt hatte. Denn das vollkommene System wurde erst im Jahre 1774[4]) publiziert.

Fabricius stützt sich sicherlich auf eigene Beobachtungen. Man merkt dies weniger aus der Aufstellung der Hauptgruppen als aus den Unterabteilungen der einzelnen Kapitel, bei welchen unter der äußerlich gleichen Erscheinung eine Gliederung der Fälle nach den verschiedenen Ursachen bereits begonnen wird. So sehen wir beispielsweise in der ersten Hauptgruppe: ,,Ufrugtbargiørende Sygdomme“, d. h. den zur Unfruchtbarkeit führenden Störungen, einen Abschnitt ,,Dovhed“, was wir mit

[1]) Jo. Jac. Zwingeri, Diss. med. inauguralis de valetudine plantarum fecunda et adversa. Basileae 1708.

[2]) Christ. Sigismund Eysfarth, Diss. phys. de morbis plantarum. Lipsiae 1723. 4⁰.

[3]) Adanson, Sur les maladies des plantes; in ,,Familles des plantes“. I, S. 42. 1763. 8⁰.

[4]) Forsøg til en Afhandling om Planternes Sygdomme ved Joh. Christ. Fabricius; Kongelige Norske Videnskabernes Selskab skrifter. femte Deel. Kjøbenh. 1774. S. 431 bis 492.

Bleichsucht oder Gelbsucht übersetzen möchten. Dieselbe wird gegliedert in D. af Regn, af Kulde, af Røg usw. Bemerkenswert ist die Beobachtung, daß außer Regen, Kälte und andern Faktoren auch eine Gelbsucht durch Rauch hervorgebracht werden kann. In der zweiten Hauptgruppe: „Udtærende Sygd.", also den Atrophien, findet sich im Abschnitt „Qvælelse" die Verspillerung (Etiolement) durch „stedets Indslutning" (dichter Stand) und durch Mangel „paa Lys" (Lichtmangel), durch Schlingpflanzen und Insektenbeschädigungen. Von diesen Erscheinungen wird eine andere Gruppe: „Tæring" (Tabes, Jaunisse bei Adanson) abgetrennt, wo die Vergilbung durch Nährstoffmangel, durch ungeeignete Bodenverhältnisse, durch zu starke Verdunstung nach dem Verpflanzen usw. besprochen wird. Die dritte Hauptgruppe beschäftigt sich mit „Flydende Sygdomme", also den Saftflüssen, wozu der Honigtau gerechnet wird. In der vierten Gruppe befinden sich die „Raadnende Sygdomme", was unserer Auffassung nach die Weichfäulen, die verjauchenden Bakteriosen oder Rotze bezeichnen dürfte. Unter den Ursachen figurieren auch die „Snylte-Planterne", also die parasitären Pflanzen. In der fünften und sechsten Gruppe werden die Wunden, Frostspalten, Gallen und Monstrositäten abgehandelt.

Im Jahre 1779 erschien in deutscher Übersetzung das Zallingersche[1]) System mit dem deutlichen Bestreben, die Terminologie der Medizin auf die Pflanzenpathologie zu übertragen. Zallinger nimmt fünf Klassen an: 1. *Phlegmasiae* oder Entzündungskrankheiten; 2. *Paralyses seu debilitates*, das sind die lähmenden Gichten oder Entkräftungen; 3. Abflüsse und Ausleerungen; 4. *Cachexiae*, üble Leibesbeschaffenheit; 5. Hauptmängel der Teile.

Um die Auffassung des Autors zu kennzeichnen, suchen wir nach der Krankheit, die wir nebst Brand als leitendes Beispiel in unserer ganzen Darstellung benutzen, nämlich nach dem Krebs. Zallinger stellt denselben in die Klasse der Kachexien zur Unterabteilung der Beulengeschwüre, zu denen er die Rhachitis oder Unterwachs, die Leontiasis oder Rauhwarzen an der Haut u. a. rechnet. Den Brand, *Gangraena* s. *Sphacelus*, erwähnt er als anomale Kachexie neben Phthiriasis oder der Laussucht und der Vermiculatio, der Erzeugung von Würmern. Man kann aus dieser Gruppierung schließen, daß der Autor sich dabei von dem häufig gemeinsamen Auftreten der Erscheinungen hat leiten lassen; denn die toten Rindenstellen bieten einen bevorzugten Ansiedlungsherd für Insekten. Das, was wir jetzt als Getreidebrand bezeichnen, finden wir als *Ustilago* oder Mißgeburt des Samens in der Klasse der Ausleerungen. Fabricius hatte den „Kraebs", *Cancer*, in die Klasse der Fäulniskrankheiten gebracht.

In seiner Anleitung zur Kenntnis der Pflanzen veröffentlichte Batsch[2]) auch eine Übersicht der Krankheiten, welche er in solche einteilt, die in „Verderbnis der festen und flüssigen Theile", also in der Konstitution der Pflanze, begründet sind, und in solche, welche „durch Thiere und Gewächse" verursacht werden.

---

[1]) Abhandlung über die Krankheiten der Pflanzen, ihrer Kenntnis und Heilung; aus dem Latein übersetzt von Joh. Grafen v. Auersperg. Augsburg 1779. 8°.

[2]) A. J. G. C. Batsch, Versuch einer Anleitung zur Kenntnis und Geschichte der Pflanzen usw. I. Teil. Halle 1787. S. 284.

Man würde sich aber täuschen, wenn man unsere kryptogamen Parasiten in letzterem Abschnitte suchen wollte. Dieselben finden sich vielmehr in der ersten Klasse, getreu der schon bei Zallinger deutlich zutage tretenden Überzeugung (s. *Ustilago*), daß die parasitären Organismen nichts Selbständiges, sondern nur Entwicklungsformen der höheren Pflanzen sind. So hat Batsch unter den Konstitutionskrankheiten eine Gruppe: ,,Brandige Veränderung des Wesens", deren erste Familie die Erscheinungen umfaßt, wo der Zerfall des Gewebes in ein Pulver, ,,Brand, *Ustilago*", stattfindet. Die zweite Familie enthält die Umformung der Gewebe in eine ,,schwammige Masse (Mutterkorn, *Clavus*)".

Diese Anschauungsweise gelangt nun für die nächste Zeit zur Herrschaft, wie wir im folgenden Abschnitt sehen werden.

Durch die Arbeiten der erwähnten Autoren und die Erfahrungen auf dem Gebiete des praktischen Gartenbaues sowie durch das große Aufsehen, das der von William Forsyth 1791 erfundene und allgemein überschätzte Baumkitt hervorgerufen, war die Überzeugung von der wirtschaftlichen Bedeutung der Pflanzenkrankheiten in so weite Kreise gedrungen, daß nunmehr spezielle Bücher über diese Disziplin erscheinen konnten.

Schon das Jahr 1795 macht uns mit drei derartigen Werken bekannt. Das erste, von Plenk[1]) geschriebene, behandelt die Krankheiten der sämtlichen damals wichtigen Kulturpflanzen und basiert auf eingehender Beobachtung. Betreffs unseres leitenden Beispiels, des Krebses, berichtet der Autor folgendes: ,,Ein schwammigter großer Auswuchs an einer Stelle des Stammes, aus der auch bei der dörrsten Witterung eine ätzende Feuchtigkeit ausfließt, die den ganzen Umfang der Geschwulst auffrißt. So wurde eine *Pyrus Cydonia*, an die ein Sumpf grenzte, von dem Baumkrebs befallen, indes die andern, an einem höhern Ort gepflanzten Quittenbäume gesund blieben. Der Nahrungssaft wird, wie es scheint, von der Schärfe des stehenden Wassers so ätzend, daß er die Gefäße des Baumes auffrißt. Die Arten des Baumkrebses sind nach Verschiedenheit des Sitzes zweierlei: 1. der offene Baumkrebs, wenn die Krebsknoten an der äußern Oberfläche der Rinde erscheinen. 2. Der verborgene Krebs, wenn sich zwischen der Rinde und dem Holze eine scharfe krebsartige Jauche ansammelt, aber nirgends aus der Rinde fließt. In beiden Fällen fällt der Baum in eine unheilbare Schwindsucht, wofern man nicht sogleich die mit dem Krebs behaftete Stelle ausschneidet und die Wunde mit dem Wundkitt verklebt." Bei dem Brande unterscheidet Plenk einen trockenen und feuchten Brand; unter ersterem versteht er ,,eine schwarze und dürre Verwelkung der Blätter oder eines andern Theiles einer Pflanze" und als ,,feuchten Brand" bezeichnet er die ,,feuchte und weiche Ausartung der Pflanzen in eine fauligte Jauche".

Fast denselben Wortlaut bei der Erklärung des Krebses finden wir in dem sonst viele eigne Beobachtungen aufweisenden Buche von Schreger[2]). Bezüglich der Branderscheinungen, wobei die Rinde oder andere Teile des Baumes schwarz und mürbe aussehen und sich verzehren, sagt er: ,,Dergleichen schwarze Flecken der Rinde fressen immer mehr um sich und greifen auch das Holz an, so daß die erstere endlich als

[1]) Plenk, Physiologie und Pathologie der Pflanzen. Wien 1795.

[2]) Erfahrungsmäßige Anweisung zur richtigen Kenntnis der Krankheiten der Wald- und Gartenbäume. Leipzig 1795.

abgestorben abspringt und das letztere dürr, schwarz und wie verbrannt erscheint." — Diese Erklärung deckt sich genau mit den Erscheinungen, die wir jetzt wahrnehmen, wenn der Frost stärkere Rindenbeschädigungen veranlaßt, und in der Tat kommt dieser Beobachter auch zu demselben Schlusse betreffs der Ursache: „Zu seiner Entstehung können die Quetschungen durch Schlossen Veranlassung geben; ferner kalte Nachtreife. Mehr schadet noch der Reif in tiefen und feuchten, als in hohen und trocknen Gegenden. Windige Nächte schaden daher weniger, als wenn es reift. Wenn die Bäume durch starke Winterkälte erfrieren und eingehen, so ist die Ursache ihres Todes meistentheils ein daher entstandener Brand. Dies geschieht theils, wenn die strenge Kälte im Herbste zu zeitig kommt, wo der Saft in den Bäumen noch in lebhafter Bewegung ist, theils im Frühjahr, wenn die Säfte schon, wie man sagt, eintreten. Der letztere Fall ist der gefährlichste. Mitten im Winter erfrieren sie auch bei sehr großer Kälte selten, es sey denn, daß es den Tag zuvor geregnet habe." — Seite 420 und 500 wird von dem Apfel- und Birnbaum gesagt, daß „das Übermaß von fettem, öligem Dünger leicht den Brand und Krebs erzeugt", also eine Prädisposition schafft.

Das dritte der im Jahre 1795 erschienenen Bücher, von Ritter v. Ehrenfels[1]), spezialisiert sich noch mehr, indem es nur die Obstbäume behandelt. Der Autor erklärt, daß dem Brande alle Baumarten unterworfen wären, und daß „diese Fäulung, welche sich zuerst in der Rinde und dann im Holze selbst offenbart", die gewöhnlichste Baumkrankheit sei, die in einigen Büchern auch als Krebs bezeichnet werde. Die Beschreibung, die v. Ehrenfels gibt, ist so deutlich, daß sie mit der jetzt als *Nectria*-Krebs bekannten Erscheinung sofort identifiziert werden kann. Er sagt: „Die Zeichen dieses bösen Zufalls sind daher vor allem eine schwarze oder schwärzliche Rinde, welche oft schon 6 bis 8 Tage nach dieser Erscheinung aufspringt, kleine Ritzen bildet und nach und nach ihren Zusammenhang mit dem Stamm des Baumes verliert, so daß die Rinde an dem Schaft nur locker anklebt. Nach einiger Zeit trennt sich die lockere Rinde ganz und gar vom Stamme los und entblößt das Holz des Baumes. In dieser Epoche hilft sich freilich die Lebenskraft der kranken Pflanze, wie sie sich nur helfen kann, und stößt unaufhörlich die feindlichen oder kranken Theile von sich; aber diese Kraft ermattet auch zuletzt, und der Baum stirbt. — Der Baum versucht eine neue Rinde zu bauen — diese Rinde windet sich in mehr oder weniger übereinanderliegenden Falten heraus und sucht sich über die entblößten Stellen auszudehnen . . ." Als Ursache gibt Verfasser Verletzungen an, wie z. B. ein unverständiges Ausästen, Insektenbeschädigungen u. dgl.; „ja zuweilen liegt die Anlage zum Brand in der Disposition des Baumes selbst; eine Disposition, die die Bäume von dem Boden, in dem sie aufleben, von ihrer Abstammung und von einer unklugen Kultur erhalten". —

In dem zu Anfang des vorigen Jahrhunderts erschienenen Pomologischen Handwörterbuch ergänzt Christ[2]) die obigen Mitteilungen durch die Angabe: der Brand „kommt auch vielmahls her vom Verfrieren im Winter".

[1]) Ritter v. Ehrenfels, Über die Krankheiten und Verletzungen der Frucht- und Gartenbäume. Breslau, Hirschberg und Lissa 1795.

[2]) Pomologisches theoretisch-praktisches Handwörterbuch. Leipzig 1802.

Auf eigne Beobachtungen stützt sich ferner Burdach[1]), der vom Brande sagt: ,,Diese Krankheit ist eine Folge indirekter Schwäche und entsteht gemeiniglich an solchen Bäumen, welche vorher durch starkes Treiben und Düngen in ihrem Wachsthum beschleunigt worden sind, oder welche man auf einem magern Gartenboden in ein nur oberwärts stark verbessertes Erdreich versetzt hat. Bei Kirschbäumen äußert sich aus den nämlichen Ursachen auch noch ein anderes Übel, der Harz- oder Gummifluß."

Willdenow bemerkt in seiner Ausgabe von Linnés ,,Philosophia botanica" 1790, daß kein Individuum der Pflanzen dem andern gleicht, und daß Klima wie Boden beständig und modifizierend auf den Organismus einwirken. Es heißt dort: Varietas est planta mutata a causa occidentali: climate, solo, calore, ventis etc.; reducitus itaque in solo mutata. — Die Theorie von dem Einfluß des Bodens und der Düngung als einer der hauptsächlichsten Ursachen der Pflanzenkrankheiten tritt nunmehr für einige Zeit in den Hintergrund gegenüber der vielseitigen und ausgedehnten Forschung auf dem Gebiete des Pilzlebens. Die Kenntnis von der Natur der parasitischen Pilze als selbständigen Lebewesen bricht sich nur sehr langsam Bahn. Neben genauen Beschreibungen der Formenkreise, deren Literatur in der Einleitung zum 2. Bande zitiert wird, tritt immer wieder die Anschauung zutage, daß die Pilze Produkte, Deformationen resp. Ausscheidungen ihrer Wirtspflanzen sind; so daß trotz der Ausbildung der mikroskopischen Technik und damit der fortschreitenden Kenntnis der Formen die Trennung der nichtparasitären und der parasitären Erkrankungen gehemmt wird. Bis weit über die Mitte des verflossenen Jahrhunderts hinaus tauchen immer wieder naturphilosophische Erklärungen der Erscheinung des Parasitismus auf, die der klaren Erkenntnis und reinlichen Scheidung der Dinge hinderlich waren. — Nicht zum wenigsten spielten auch die aus dem Mittelalter (vgl. oben) überkommenen, aus dem allgemein herrschenden Aberglauben herrührenden Anschauungen und Ideen als starke Hemmungen für eine exakt wissenschaftliche Forschung und Erklärung der Krankheiten von Mensch, Tier und Pflanze hinein; ja selbst jetzt, einige Jahrzehnte nach dem Beginn des 20. Jahrhunderts, findet man besonders auf dem Lande (selbst bei ,,Gebildeten") die merkwürdigsten Ansichten über das Zustandekommen in erster Linie von epidemischen Krankheiten.

In Nees v. Esenbecks System der Pilze und Schwämme, Würzburg 1817 (vgl. in Bd. II dieses Werkes), finden wir in der geschichtlichen Darstellung die Aussprüche der Forscher, welche für die Urzeugung eintreten, und der Autor selbst, wenn wir die schwülstige naturphilosophische Darstellung recht verstehen, faßt die parasitären Pilze in ihren niedrigsten Gruppen als aus der Mutterpflanze selbst hervorgehende Gebilde auf. So sagt er beispielsweise von den Entophyten: ,,Ihr eigenster Charakter ist, daß sie dem überfüllten oder erschöpften Leben angehören und sich, ohne aufs Ganze sich ausbreitende Entmischung, ursprünglich nur an einzelnen, aus dem Gesammtleben heraus in die Besonderheit gebildeten Stellen, gewöhnlich, doch nicht immer, zuerst unter der gemeinschaftlichen Bedeckung, entwickeln. Die Abhängigkeit der infusoriellen Zelle von dem höhern Organismus offenbart sich hier stets durch ihr

[1]) Systematisches Handbuch der Obstbaumkrankheiten. Berlin 1818.

Aufsitzen mittelst eines mehr oder minder verlängerten Stiels. Die Zelle wächst erst, ehe sie sich freimacht, und die Verlängerung an ihrem Grunde ist der Ausdruck des nicht plötzlich, sondern organisch aufgehobenen Politaritäts-Verhältnisses, das durch die Hauptpflanze in sie übertritt." Bei der Gattung *Cyathus* (S. 141) heißt es: „Der ganze Stamm, den wir beschrieben, ist nur ein der Erde entsprossener Staubfaden. Der Staub des Staubpilzes erzeugt sich selbst . . ."

Die Literatur beginnt nun durch Einzelarbeiten und wissenschaftliche sowie praktische, den Acker- und Gartenbau umfassende Handbücher und Schriften, welche die Krankheiten berühren (Tessier, Jäger, Hopkirk, Lehrbücher von Willdenow, Nees, de Candolle, Wenderoth, Reichenbach, Re, Kieser), derart zu wachsen, daß wir nur noch die für die Geschichte der Pathologie markantesten Erscheinungen hervorzuheben vermögen.

In erster Linie wäre zunächst F. Unger zu nennen, der das Ergebnis äußerst fleißiger und gewissenhafter Studien in seinen „Exantheme der Pflanzen", Wien 1833, veröffentlichte. Der in einem kleinen abgelegenen Alpentale lebende Arzt gibt in einer Anzahl sehr sauber und naturgetreu selbstgezeichneter Abbildungen seine Beobachtungen wieder und baut auf denselben seine Lehre von den Krankheiten auf. „Die meisten Krankheiten der Pflanzen spielen in den Säften . . . Die fehlerhafte Ausbildung und die zahlreichen Abnormitäten im chemischen Vorgange des Nahrungssaftes, sowie ähnliche Fehler des höher belebten Lebenssaftes, sind die Ursache von unzähligen Krankheiten, die sich durch mangelhafte Ausbildung der Pflanzensubstanz, durch Anhäufung von Excretionsstoffen, durch Auflockerung des Parenchyms, durch veränderte Beschaffenheit der Sekreta usw. oder durch Zustände von entgegengesetztem Charakter äußern. Überhaupt dürfen die meisten quantitativ und qualitativ veränderten Vorgänge der pflanzlichen Chylopoese als die Quelle von Krankheiten angesehen werden, die sich mehr durch veränderte Substanz als durch Alienation der Form zu erkennen geben. Der Culturstand, in den ein großer Theil der Pflanzen versetzt wird, wirkt so nachtheilig auf den Organismus, daß wenigstens der größte Theil solcher Pflanzen krank genannt zu werden verdient . . ."

Während wir nach diesen Darlegungen vermuten müssen, daß der Autor die Krankheiten als Funktions- und Bildungsabweichungen im Haushalt des Organismus auffassen würde, kommt Unger zu der Ansicht, daß die Krankheit etwas Fremdartiges sei. „Denn wie sich das Kosmische, Elementarische als Älterliches oder Vorbildliches zu dem Organischen, Kindlichen, Gegenbildlichen verhält, ebenso der Organismus zur Krankheit, die nichts anders als ein zweyter, niederer Organismus ist, dessen Elemente schon in einem andern höhern verborgen liegen." In dieser Anschauung liegt die Fortbildung des von Batsch geäußerten Gedankens über das Wesen der parasitären Organismen.

„Zu den Krankheiten der Gewächse," sagt Unger, „die am wenigsten Selbstständigkeit verrathen, die in ihrer Wurzelgestalt noch so innig mit demjenigen Organismus, den sie befallen, verwebt sind, gehören ohnstreitig die Formen, die wir mit Bleichsucht (*étiolement*), Wassersucht (*anasarca*), Gelbsucht (*icterus*), Windsucht (*timpanitis*), Tabescenz, Mißwachs, den Profluvien u. a. m. bezeichnen, und welche bei weitem die Mehrzahl ausmachen. Größere Selbstständigkeit zeigt das ungeheure

Heer von Mißbildungen, denen immer Fehler der Säftemasse und dadurch ein Verweilen auf tiefern Bildungsstufen zu Grunde liegt. Ueber diese erhebt sich der Honigthau (*Saccharogenesis diabetica*), dessen pathischen Prozess zuerst L. Treviranus und seine universellere Bedeutung Dr. H. Schmidt erkannten. Verwandt mit diesem ist unstreitig der Mehlthau; das höhere Organisationsbestreben der ausgeschwitzten Säfte offenbart sich hier durch organische Bildungen, die dem Honigthau noch fehlen. Noch selbstständiger werden diese organischen Bildungen im Rußthaue (*Fuligo vagans*). Endlich tritt der Krankheitsorganismus in den Exanthemen und den ihnen verwandten Formen als eigenartiges geschlossenes Ganzes hervor . . . Hierher gehören die Parasiten; die höchsten unter ihnen, wie einige Arten von *Loranthus*, scheinen sich vom Mutterkörper gänzlich losgerissen zu haben.“ —

Ungers Anschauungen teilen auch Nees v. Esenbeck und A. Henry[1]), die betreffs der Staubpilze erklären: „. . . die Pilze stehen hier deutlich auf der tiefsten Stufe . . .“ „Mit Recht betrachtet man sie als Krankheitsstoffe, als Exantheme der höheren Pflanzen.“ „Es bildet sich im allgemeinen der Blattpilz durch eine Coagulation der in die Intercellulargänge ergossenen Säfte.“

Unter dem Einfluß dieser Ansicht schrieb auch Theodor Hartig seine Arbeit über die Rot- und Weißfäule der Kiefer, bei der er zuerst die Mitwirkung von Pilzen (Nachtfasern, *Nyctomyces*) feststellte[2]). Die Entstehung dieser Pilze führte er auf einen Zerfall der Zellwandungen zurück.

Von den Werken, die mehr die allgemeinen Konstitutionskrankheiten ins Auge fassen und die Pilze kaum berühren, nennen wir die von Geiger[3]) und Lindley[4]), die im wesentlichen sich auf praktischen Erfahrungen aufbauen. Dagegen zeigt wiederum Wiegmann[5]), daß seine Angaben sich auf mikroskopische Studien stützen und hierbei auch die Chemie ihre Berücksichtigung findet. Beispielsweise gibt er an, daß die Jauche des Brandes sowohl als des Krebses Gallert- und Humussäure, aber die des Brandes mehr Gallertsäure enthalte. Beide Krankheiten erscheinen ihm nichtparasitärer Natur, und der Krebs (*Caries*, *Necrosis*) entstehe immer „aus Stockung und Verderbniss der Säfte, selbst wenn dieselben nie im Überfluß vorhanden waren“. — Unter den Ursachen finden wir Wurzelverletzungen, Frostbeschädigungen und ungünstige Bodeneinflüsse, wie z. B. „wenn der Untergrund naß, sauer, steinig oder sonst unfruchtbar ist, oder gar Raseneisenstein (Ortstein) enthält“.

Nachdem mittlerweile das große Pilzwerk von Corda[6]) zu erscheinen begonnen, tritt Meyens[7]) Pflanzenpathologie als maßgebendes Buch,

---

[1]) Das System der Pilze, I. Abt. Bonn 1837.

[2]) Abhandlung über die Verwandlung der polycotylen Pflanzenzelle in Pilz- und Schwammgebilde und die daraus hervorgehende sogenannte Fäulnis des Holzes. Berlin 1833.

[3]) Die Krankheiten und Feinde der Obstbäume. München 1825.

[4]) The Theory of Horticulture. London 1840.

[5]) Die Krankheiten und krankhaften Mißbildungen der Gewächse von Dr. A. F. Wiegmann sen. Braunschweig 1839.

[6]) Icones Fungorum hujusque cognitorum. Prag 1837 bis 1854.

[7]) Pflanzenpathologie. Lehre von dem kranken Leben und Bilden der Pflanzen. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von Dr. Gottfr. Nees v. Esenbeck. Berlin 1841. Vgl. S. 16.

das auch jetzt noch zu Rate gezogen zu werden verdient, hervor. Er teilt die Materie in „Äußere Krankheiten“ und „Innere Krankheiten“.

Zu den ersteren rechnet er außer den Verwundungen durch Menschen und Tiere, Maser- und Gallenbildungen auch die phanerogamen- und kryptogamen Parasiten, von denen Ustilagineen und Uredineen sowie andere Pilze nach dem damaligen Standpunkt ausführlich abgehandelt werden. Meyen teilt nicht mehr den Ungerschen Standpunkt, daß die Parasiten als Afterorganismen das Produkt einer in jeder Pflanze ruhenden Bildungsrichtung, der Krankheit, seien und je nach der Beschaffenheit und Kraft des Nährorganismus in einer mehr oder weniger entwickelten Gestalt und Selbständigkeit zutage träten. Im Gegenteil hebt seine Pflanzenpathologie bei Besprechung der Brandpilze speziell hervor: „Die Beobachtungen über die Entstehung des Brandes zeigen auf das deutlichste, daß wir es hier mit wahren Entophyten zu tun haben; wir werden sehen, wie sich einige Brandarten als eigne parasitische Gewächse im Innern der Zellen der von ihnen befallenen Pflanzen zeigen und daß man die Brandmasse nicht mit dem thierischen Eiter zu vergleichen hat.“

Der Haupttitel für Meyens „Pflanzenpathologie“ lautet eigentlich: „Handbuch der Pflanzenpathologie und Pflanzenteratologie. Herausgegeben von Dr. Chr. Gottfr. Nees v. Esenbeck. I. Bd. Pflanzenpathologie.“ Nach diesem Titel wäre ein zweiter Teil, nämlich eine Teratologie, noch zu erwarten gewesen. Meyen selbst hatte die Absicht, eine solche zu bearbeiten, aber nach den Mitteilungen des Herausgebers kein literarisches Material dafür hinterlassen. Als Nees v. Esenbeck nun selbst eine Bearbeitung vornehmen wollte, erschienen die „Eléments de Tératologie végétale, ou Histoire abrégée des anomalies de l'organisation dans les végétaux; par A. Moquin Tandon, Doct. scienc. et méd. etc., directeur du jardin des plantes de Toulouse. Paris 1841“. Als Vorgänger dieses Werkes sind zu nennen C. F. Jaeger: „Über die Mißbildungen der Gewächse“, 1814, und Thom. Hopkirk: „Flora anomala“, 1817. Wir ersehen aus der deutschen Übersetzung von Moquin Tandons Werk, daß der Übersetzer, C. Schauer, als Spezialist in der Lage war, manche Mißverständnisse und Fehler des Autors, namentlich in den deutschen Zitaten, zu berichtigen und Ergänzungen aus eigenen Beobachtungen zu geben. Moquin Tandon sagt: „Unter dem Ausdruck Mißbildungen, Monstrositäten (*Monstra*) versteht man meist angeborene, mehr oder weniger bedeutende und komplizierte Abweichungen von dem Typus einer Art, welche fehlerhafte Entstellungen hervorrufen und dem regelmäßigen Gange der Funktionen hinderlich oder hemmend entgegentreten.“ Besser würde uns die Definition von de Candolle (Théor. élément. 1. éd. p. 406) gefallen, wonach Monstrosität jede Störung der Ökonomie eines Gewächses ist, welche eine Formveränderung der Organe nach sich zieht und aus einer inneren Anlage, fast niemals aus einer sichtbaren Ursache entspringt.

Das Werk von Moquin Tandon ist wegen seiner ausgezeichneten Literaturnachweise auch jetzt noch jedem Spezialisten unentbehrlich.

Die große Menge der zuletzt genannten Arbeiten, namentlich aber die der Pflanzenpathologie gewidmeten Zeitschriften, behandeln in bei weitem überwiegender Weise die parasitischen Erkrankungen, die Phyto- und die Zoopathologie. Der erste Band dieses Werkes von Paul Sorauer blieb die größte und wichtigste Erscheinung, die die nichtparasi-

tären Krankheiten[1]) zusammenfaßt (1. Auflage 1874; 2. Auflage 1886; 3. Auflage 1909; 4. Auflage 1921ff.). Es ergab sich daraus folgerichtig die Notwendigkeit, daß die Abschnitte über die wichtigste Literatur der parasitären Krankheiten von den Bearbeitern der andern Bände übernommen wurde; es sei deshalb auf den II. und III. Band, Pflanzliche Parasiten, von G. Lindau, und den IV. und V. Band, Tierische Feinde, von L. Reh, verwiesen. Die Arbeiten über nichtparasitäre Erkrankungen sind bei den einzelnen Kapiteln zitiert.

Zweiter Abschnitt.

Das Wesen der Krankheit.

1. Umgrenzung des Krankheitsbegriffes.

Als erste Aufgabe ergibt sich die Notwendigkeit, das zu behandelnde Gebiet zu umgrenzen und darzulegen, was wir unter „Krankheit" verstehen.

Wenn wir alle diejenigen Pflanzen als „krank" bezeichnen, bei denen der Organismus in seinen Funktionen eine Störung erleidet, so geraten wir, wie bei Mensch und Tier, bei Betrachtung der wechselnden Entwicklungsformen unserer Kulturpflanzen in Verlegenheit, und wir machen die Erfahrung, daß wir mit obiger Erklärung nicht auskommen. Wir wissen beispielsweise, daß unsere Kohlarten, Kohlrabi und Blumenkohl, von einer dem Hederich ähnlichen Pflanze abstammen, die in ihrer natürlichen Entwicklung als wilde Pflanze keinerlei Neigung zur Bildung großer Blätterknospen in Form von Kohlköpfen oder von rübenartigen Stengelanschwellungen, wie bei Kohlrabi, erkennen läßt. Diese Gemüse sind erst durch die Kultur entstanden und charakterisieren sich durch einen Zustand, den wir als Parenchymatosis bezeichnen, weil durch die von Generation zu Generation fortgesetzte Kultur bei hochgradiger Stickstoffzufuhr die verholzenden Zellelemente + durch weiches Parenchym ersetzt worden sind. In trocknen, heißen Sommern und auf nährstoffärmeren Bodenarten fangen bereits die jugendlichen Pflanzen an, stärker hervortretende Bereifung und damit in Verbindung einen rötlich-blauen Farbenton an ihren Blättern zu zeigen. Falls dabei Kohlrabi zu einer nennenswerten Entwicklung kommt, wird er „strähnig", „stöckerig", d. h. mit zähen, harten Fasern im Fleisch durchzogen oder direkt „holzig". Die Untersuchung zeigt, daß die Kohlrabipflanze durch die Einschränkung der Wasser- und Nährstoffzufuhr auf dem Wege ist, wieder einen Holzring mit prosenchymatischen Elementen auszubilden, wie er bei der wilden Pflanze stets zu finden ist. Ganz ähnlich verhält es sich mit den Mohrrüben, bei denen unsere normale wilde Pflanze eine feste, holzige, stärkereiche Wurzel besitzt. Unsere Kulturvarietäten dagegen sind dicke, fleischige Gebilde geworden, die in den besten Sorten gar keine Stärke, sondern äußerst großen Zuckerreichtum erkennen lassen und nur in den

[1]) Vgl. danach auch Graebner, Lehrbuch der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten. Berlin, Paul Parey 1920.

sogenannten Futtersorten, wie z. B. bei der weißen Riesenmöhre, noch reichliche Stärkespeicherung zeigen. Verwilderte Kulturmohrrüben gehen auf mageren und trockenen Böden schon in der ersten Generation in eine der wilden Pflanze ähnliche schon im ersten Jahre holzigwurzelige Form über.

Ist nun die von uns gezüchtete Kulturform ein Krankheitszustand, da sie tatsächlich gewissen Störungen leichter erliegt? Oder ist der Rückgang der Kulturform zur normalen wilden Pflanze eine Krankheit? Jedenfalls ist dieser Rückschlag ein Zustand, der bekämpft werden muß, weil er für unsere Kulturbestrebungen sich als unzweckmäßig erweist.

Durch diese Beispiele wird uns zum Bewußtsein gebracht, daß wir bei der Behandlung der Krankheitsfrage zwei Richtungen zu berücksichtigen haben. Wir haben natürlich zunächst den Selbstzweck des Organismus im Auge zu behalten. Und dieser Selbstzweck, den der Organismus durch seine Entstehung erhält, ist: zu leben und sich möglichst reichlich zu vermehren. Alles, was einmal entstanden ist, bleibt als Wirkung der die Entstehung veranlassenden Ursachen so lange bestehen, bis ein stärkerer Faktor kommt, der das Gefüge stört und andere Stoff-, Form- und Funktionsgruppierungen (eine untrennbare Dreieinheit) herbeiführt. Aber bis zum Eingreifen eines solchen stärkeren Faktors verteidigt das gewordene Individuum mit der Summe der ihm innewohnenden Kräfte sein bisheriges Gefüge, d. h. seine Individualität, zu der auch eine im allgemeinen bestimmbare Altersgrenze gehört. Diese mechanisch notwendige Verteidigung seiner Individualität gegenüber den stets rüttelnden äußeren Faktoren dürfen wir als „Selbsterhaltungstrieb" bezeichnen.

Außer dem Selbstzweck tritt uns nun zweitens der Kulturzweck entgegen, der sich aus dem Verhältnis der Pflanzen zu unsern menschlichen Bedürfnissen entwickelt. Zustände des pflanzlichen Organismus, die unsern Kulturbestrebungen zuwiderlaufen, werden wir als unzweckmäßig zu bekämpfen suchen.

Ganz ähnlichen Schwierigkeiten bei der Umgrenzung des Krankheitsbegriffes begegnen wir bei den gefüllten Blumen, soweit diese Füllung darauf beruht, daß die Staubgefäße sich in Blumenblätter umwandeln resp. dabei auch die Griffel verkümmern. Dies führt zur vollständigen Unfruchtbarkeit des Individuums. Die Lebensdauer der einzelnen Pflanze wird dadurch keineswegs geschädigt, sondern im Gegenteil, wie z. B. bei den gefüllten Petunien, durch die Unfruchtbarkeit verlängert; wohl aber wird der Selbstzweck der Art beeinträchtigt. Denn derartig gefüllte Blüten vermögen keinen Samen zu produzieren, und würde diese Art der Blütenfüllung ein allgemeines Vorkommnis werden, müßte eine solche Art beim Mangel vegetativer Vermehrungsorgane schließlich aussterben. Diese die Existenz der Art bedrohende Abweichung der Bildungsrichtung aber wird von unserer Kultur direkt erstrebt und die Rückkehr zur normalen, samentragenden Form bekämpft. Es widerspricht hier der Kulturzweck dem Naturzweck, und die Pathologie ist bemüht, die der augenblicklichen Kulturrichtung sich entgegenstellenden Unzweckmäßigkeiten zu bekämpfen, obgleich sie damit die Existenz der Spezies geradezu bedroht.

Solche Gegensätzlichkeiten sind äußerst zahlreich. In der Reihe der Fälle, bei denen nur einzelne Organe erkranken, kann eine derartige lokale Störung den Gesamtorganismus schädlich beeinflussen; sie kann aber auch dem Individuum nützlich sein. Wir erinnern hier an das Ab-

werfen junger Baumfrüchte durch Dürre. Der Kulturzweck ist natürlich geschädigt; aber die Ökonomie des Baumes hat insofern einen Vorteil, als der Baum die Reservestoffe spart, die zur Ausbildung der Fruchtmenge erforderlich gewesen wäre. Infolge dieser Ersparnis ist der Baum in der Lage, nicht nur die nächsten Laubtriebe kräftig zu entwickeln, sondern auch zahlreiche Fruchtknospen anzulegen, was unterblieben wäre, wenn eine volle Ernte den Stamm erschöpft hätte.

Wenn Spätfröste Blüten und junge Früchte beschädigen, so sind sicherlich die einzelnen Organe schwer erkrankt und fallen später ab; aber der Baum selbst kann einen Vorteil haben, weil er eine Menge Nahrungsmittel spart. Der Kulturzweck kann in diesem häufig vorkommenden Falle ebenfalls einen Vorteil haben, weil die nach der Frostwirkung sich neuentfaltenden Blüten um so vollkommnere Früchte liefern, die eine erhöhte Rente geben.

Hier dokumentiert sich der Unterschied zwischen der reinen und der angewandten Wissenschaft; erstere studiert den Krankheitsprozeß an sich und kann oft nur Zellularpathologie sein; letztere zieht den Effekt für das erkrankte Individuum und dessen wirtschaftliche Bedeutung in Betracht. Wir haben beide Richtungen zu vereinigen, indem wir in unserer Darstellung die rein wissenschaftlichen Studien als Basis für die Betrachtung und Erklärung der ökonomischen Wirkungen des Erkrankungsfalles benutzen.

Die Berücksichtigung der Kulturerfordernisse zwingt uns somit zu folgender Einteilung unseres Arbeitsgebietes. Wir haben erstens alle Fälle zu betrachten, die den Selbstzweck des Organismus, also die möglichst lange Lebensdauer desselben und seine Fortpflanzung bedrohen; dies sind die absoluten Krankheiten. Ferner müssen wir die Schädigungen besprechen, welche der augenblickliche Kulturzweck erfährt, und welche Sorauer als relative Krankheiten bezeichnete. Schließlich verdienen auch diejenigen Fälle eine Beachtung, bei denen es sich um wirtschaftlich meist bedeutungslose Mißbildungen, d. h. um eine von dem gewohnten Gestaltungsvorgange abweichende Ausbildung von Organen handelt. Mit diesen natürlichen Vorkommnissen, welche, wie wir glauben, oftmals nur auf veränderte Druckverhältnisse und andere mechanische Einflüsse bei der Anlage der Organe zurückzuführen sind, beschäftigt sich eine besondere Disziplin, die Teratologie. Dieselbe ist aber als ein Zweig der Pathologie aufzufassen, und wir werden derartige Erscheinungen, soweit ihre Ursachen erkannt oder mit einiger Sicherheit vermutet werden können, möglichst zur Besprechung zu ziehen haben.

Die Form der Behandlung des Stoffes, der in das Gebiet der Pflanzenkrankheitslehre oder Phytopathologie fällt, wird nach folgenden Gesichtspunkten stattfinden müssen. Zunächst beschäftigt uns die

Pathographie oder Symptomatik, d. h. die Beschreibung der Krankheit nach ihren einzelnen Anzeichen oder Symptomen. Dann folgt die

Pathogenie oder Ätiologie, nämlich die Untersuchung über die Entstehung der Krankheit. Erst nach Erkentnis der Ursachen ist es möglich, die

Therapie oder Heilmittellehre zur Anwendung zu bringen und die Möglichkeit einer

Prophylaxis oder eines Vorbeugungsverfahrens in Erwägung zu ziehen.

2. Die Entstehung der Krankheit.

Wenn wir gesagt haben, daß wir bei der Beurteilung einer Erkrankung von der einzelnen Zelle ausgehen müssen, so müssen wir uns zunächst bewußt werden, welch ein komplizierter Organismus die Zelle selbst ist, und wie Aufbau und Funktion derselben von der Beschaffenheit, Lagerung und Wirkung der sie zusammensetzenden Micellen abhängen.

Fassen wir beispielsweise einige Quellungsvorgänge ins Auge. Eine Zellmembran ist zu einer bestimmten Zeit in einem bestimmten Grade mit Imbibitionswasser durchtränkt, d. h. die durch die Kohäsion zusammengehaltenen Zellulosemicellen sind mit Wasserhüllen von gewisser Ausdehnung versehen. Je nach der Menge der Wasserzufuhr werden die Micellen bald weiter auseinanderrücken oder sich einander nähern, d. h. die Membran wird bald lockerer, bald dichter werden. Ebensolche Schwankungen erzielen wir im Plasmakörper der Zelle bei Einwirkung wasserentziehender Mittel. Gleiche Vorgänge beobachtet man am Chlorophyllkorn, wenn man (z. B. bei einem Getreideblatt) im einen Fall schwache Salzsäuredämpfe, im andern Fall Schwefelwasserstoff einwirken läßt. Bei jener sieht man den Chloroplasten schrumpfen; bei diesem wird das Chlorophyllkorn zu einem bleichgrünen, teigigen, fast gallertartigen Körper.

In der Membran einer Zelle können starke Lockerungserscheinungen manchmal auf einzelne Stellen beschränkt sein. Als Beispiel können die sog. „Perlzellen" bei Lagergetreide gelten. Einzelne Zellgruppen in der Nähe stärkerer Gefäßbündel zeigen auf der Innenseite ihrer Membranen, die später den Zellulosecharakter verlieren, perlartig hervortretende Lockerungsherde. Läßt man Frost auf junge, kräftig wachsende Kartoffelstengel einwirken, so findet man nachher einzelne Gruppen von Blattparenchymzellen, deren Wandungen streckenweise bis zum Vierfachen ihrer normalen Dicke aufgequollen erscheinen; man beobachtet dabei einen Zerfall der dichteren Membranlamellen unter Braunfärbung in strichartige Bruchstücke, welche in einer gleichartigen, helleren Grundsubstanz eingebettet liegen.

Bei den stark gelockerten Membranen werden durch die bedeutend erweiterten Micellarinterstitien nunmehr Moleküle einer andern Substanz hindurchdringen können, die früher wegen ihrer Größe am Durchtritt behindert gewesen sind. Wenn der Frost Veränderungen im Plasmagefüge hervorruft, sehen wir Stoffe aus- und einwandern, denen früher der Plasmaleib die Wanderung verwehrte. Angefrorene rote Zuckerrüben (*Beta*) lassen ihren roten Farbstoff nebst Zucker aus dem Parenchym des Rübenkörpers reichlich in das umgebende Wasser austreten, was die zerschnittene Rübe ohne vorhergegangene Frostwirkung nicht tut. Die Lockerung des Gefüges der organischen Substanz ist ein ganz normaler Vorgang, der von der Einwirkung äußerer Faktoren, wie Wasserzufuhr, Licht, Wärme usw., in seiner Intensität abhängig ist. Überschreiten diese normalen Vorgänge eine gewisse Grenze, so führen sie zu Störungen, die Gefüge und Funktion der Zelle derart alterieren, daß sie oft zur Erhaltung des Lebens untauglich werden. Jeder andere Vorgang des Zellebens verhält sich ebenso. Unter dem Einfluß der einzelnen Wachstumsfaktoren wird er bald gesteigert, bald verlangsamt, und wir wissen, daß die Funktionen des Lebens je nach der Wirkung jedes einzelnen Vegetationsfaktors oft zwischen weiten Grenzen pendeln. Die Grenzwerte bezeichnen wir als

Minimum und Maximum; die Funktionshöhe, in welcher ein Lebensvorgang die Entwicklung des Organismus am meisten fördert, nennen wir Optimum.

Das Pendeln der Funktionen um das Optimum innerhalb der die Entwicklung fördernden Grenzen können wir als „Breite der Gesundheit" ansprechen. Dieselbe ist nicht zu verwechseln mit der „Breite des Lebens". Denn der Organismus kann noch leben jenseits der Breite der Gesundheit; nur sind seine Funktionen derart geschwächt, daß seine Entwicklung einen Rückgang oder Stillstand erleidet, und dies ist der Zustand der Stockung oder des Siechtums. Ist dieses Aufhören der Funktion ein vorübergehendes, so fällt der Zustand in den Begriff der „Starre", und wir sprechen von einer Dunkelstarre, Kältestarre usw.

Aber wir müssen uns hüten, zu glauben, daß der Eintritt des Siechtums, der Starrezustände und des Todes für eine Spezies stets an präzise Zahlenwerte der einzelnen Wachstumsfaktoren gebunden ist.

Wenn wir beispielsweise derselben Pflanze zwei Stecklinge entnehmen und kultivieren dieselben in ausgeglühtem Sande mit demselben Nährstoffquantum längere Zeit, wobei der eine Steckling stets im Warmhause, der andere im Freien gehalten wird, so zeigen dieselben schließlich eine ganz verschiedene Empfindlichkeit gegen Frost und andere Witterungsfaktoren. Das Warmhausexemplar erfriert nun leichter, d. h. seine Minimalgrenze für die Erhaltung des Lebens ist nach oben gerückt. Temperaturen, welche das Freilandexemplar noch innerhalb der Breite der Gesundheit zu erhalten vermögen, heben die Lebensvorgänge bei dem Warmhausexemplar bereits auf. Ganz ähnliche Verschiebungen zeigen die Versuche betreffs der Maximal- und Minimalgrenzen bei andern Wachstumsfaktoren, so daß wir zu dem Schluß kommen, daß jede Pflanze für ihren Standort ihre eigene Skala der Bedürfnisse, ihr eigenes Optimum, Maximum und Minimum, also ihre spezifische eigene Breite der Gesundheit und des Lebens, besitzt.

Beachtenswert ist ferner der Umstand, daß die einzelnen Funktionen zu verschiedenen Zeiten bzw. bei verschiedenen Werten der Faktoren erlöschen.

Wenn wir beispielsweise Kartoffelknollen bei etwa — 1° C einige Zeit liegen lassen, zeigt sich, daß der Atmungsprozeß früher nachläßt als die Umwandlung der Stärke in Zucker, und es erfolgt eine Zuckeranhäufung in der Knolle, die wir als „Süßwerden der Kartoffeln" bezeichnen. Bei langsamer Erhöhung der Temperatur auf etwa + 10° C verschwindet der gespeicherte Zucker durch Hebung der Tätigkeit des Protoplasmas und des Veratmungsprozesses (vgl. unten).

Wenn Gurken, Tabak und andere wärmebedürftige Pflanzen längere Zeit eine Temperatur von + 5 bis 8° C zu ertragen haben, zeigen sie Gelblaubigkeit, die bei dauernder Wärmesteigerung wieder verschwindet. Die Pflanzen sterben nicht, aber Assimilation und Wachstum werden derartig herabgedrückt, daß sich nunmehr Vorgänge (Gummibildung usw.) einleiten können, die zum vorzeitigen Tode des Individuums führen. Wie im vorliegenden Falle der Wärmemangel, wirken in andern Fällen Nährstoffmangel, Lichtmangel, kurz jede Herabminderung eines Vegetationsfaktors, derart retardierend auf die normale Funktion, daß das richtige

Ineinandergreifen der Lebenserscheinungen zum Zwecke eines förderlichen Stoffwechsels abgelenkt wird. Es entstehen nun andere Verbindungen und Funktionsrichtungen (z. B. Gärungen), die einen vorzeitigen Abschluß des Lebens einleiten. Dieselbe Wirkung wird auch durch jeden Überschuß, jede Annäherung an die Maximalgrenze eines Vegetationsfaktors eintreten müssen.

Am gefährlichsten macht sich meist ein mehrmaliger Wechsel in den wichtigen Faktoren bemerkbar, namentlich wenn dieser Wechsel schnell vor sich geht, oft sogar wenn die Grenzen durchaus innerhalb der zuträglichen liegen. So kann man heimische Pflanzen (Gehölze usw.) schwächen, schädigen und schließlich töten, wenn man sie (auch im Zustande der Winterruhe) mehrfach hintereinander dem Frost und der Wärme aussetzt. Ähnlich wirkt ein Wechsel in der Ernährung, in der Belichtung usw.

In sehr vielen Fällen kündet sich das eingetretene Siechtum durch eine Chlorose an, die sich unmerklich einstellt und langsam fortschreitet. Selbst wenn es der Beobachtung gelänge, den ersten Anfang einer Chlorose zu erkennen, so würde damit keineswegs der Anfang des Siechtums gefunden worden sein; denn die ersten molekularen Umwandlungen, die zur Vergilbung eines Chlorophyllkorns geführt haben, sind uns doch unbekannt geblieben. Experimentell läßt sich wohl eine Grenze zwischen der förderlichen und dem Beginn der hinderlichen Größe eines einzelnen Wachstumsfaktors feststellen, aber wir sehen dabei immer nur das Endresultat und nicht den Werdegang, d. h. die dieses Ergebnis einleitenden Prozesse. Für unser Wahrnehmungsvermögen stellen sich Gesundheit und Krankheit als Zustände dar, die unmerklich ineinander übergehen.

3. Die Beziehungen der Pflanze zu ihrer Umgebung.

Bei dem im vorigen Abschnitt unternommenen Versuche, darzulegen, wie Gesundheit und Krankheit Zustände darstellen, die wie die Glieder einer Kette ineinandergreifen, hatten wir zunächst die sogenannte Konstitutionskrankheit im Auge. Wir verstehen darunter die den ganzen Organismus in Mitleidenschaft ziehenden Stoffwechselstörungen infolge von Mangel oder Überschuß eines der notwendigen Vegetationsfaktoren. Diesen Allgemeinerkrankungen[1]) gegenüberzustellen sind die Lokalerkrankungen durch zufällige Eingriffe. Hier steht zunächst der Gesamtorganismus in voller Reaktionsfähigkeit einer nur an einem einzelnen Organ wirksam werdenden Störung gegenüber. Wenn bei den Konstitutionskrankheiten die Einwirkungen der notwendigen anorganischen Wachstumsfaktoren in Betracht kommen, treten bei den Lokalerkrankungen die Beeinflussungen in den Vordergrund, die die Organismen gegenseitig aufeinander ausüben.

Teils sind es Tiere, die zur Befriedigung ihres Nahrungs- oder Wohnungsbedürfnisses die Pflanze aufsuchen; teils werden die Pflanzen einander gegenseitig beeinflussen. Als das nächstliegende Beispiel finden wir den Einfluß der Chausseebäume auf die jenseits des Chausseegrabens befindlichen Kulturen. Namentlich bei Trockenheit bemerken wir, daß die im Bereich der Baumkrone befindlichen Getreide- und Kartoffel-

---

[1]) Vgl. unten bei „Entartung“ auch S. 48, Fußnote 2, Quanjers „Degenerationskrankheiten“.

pflanzen nicht nur weniger kräftig entwickelt sind, sondern auch früher und stärker welken als die übrige Feldfrucht. Hier sind es vorzugsweise die regenabhaltende Baumkrone und die wasserentziehenden Baumwurzeln, welche sich nachteilig bemerkbar machen. Auf dem Felde selbst finden wir nicht selten einzelne Stellen, auf denen die Saat äußerst kümmerlich steht, weil der Windhalm die Getreidepflanzen erstickt hat. Die Aussaat ist mangelhaft gewesen; oder aber sind Keimung und Jugendentwicklung durch Kälte oder Sauerstoffmangel zurückgehalten worden, weil der Acker undurchlässige Stellen besaß. Dort wird im Frühjahr die Nässe lange im Boden verbleiben; derselbe erwärmt sich dadurch schwerer und leidet Sauerstoffnot. Der Windhalm (*Apera spica venti*), überall auf den Getreidefeldern vorhanden, ist weniger empfindlich und entwickelt sich unter solchen Verhältnissen schneller als die Getreidesaat. Durch das erlangte Übergewicht erdrückt er die Getreidepflänzchen. Ganz ähnlich verhält es sich mit den andern Unkräutern, die durch ihre schnellere Entwicklung nicht nur den Kulturpflanzen Bodennährstoffe wegnehmen, sondern sie auch durch Beschattung schädigen. Eigentlich aber ist dieser Kampf um den Raum, die Wurzelkonkurrenz, der erste gegebene Faktor jeder Pflanzengemeinschaft und kommt bei allen Feld- und Waldkulturen zum Ausdruck. Auf dem Getreidefelde und in jedem Waldbestande erdrückt das ursprünglich am kräftigsten wachsende Individuum die schwächlichere Umgebung. Es ist die allgemein gültige Gewalt des Stärkeren, die bei jedem Zusammenleben der Organismen zum Ausdruck kommen muß.

Dieses Zusammenleben in der soeben geschilderten Art und Weise in räumlicher Entfernung können wir als Nachbarschaft bezeichnen zur Unterscheidung von der gegenseitigen Beeinflussung der Organismen bei räumlicher Vereinigung. Ein derartiges Verhältnis (Symbiose) muß intimer sein, wo ein Organismus auf dem andern lebt. Je nachdem der Einfluß ein gegenseitig fördernder oder hemmender ist, unterschied de Bary (1866) eine mutualistische von einer antagonistischen Symbiose. Die von Vuillemin 1889 für diese Verhältnisse gewählte Bezeichnung „Symbiose“ und „Antibiose“ will weniger glücklich erscheinen.

Beispiele einer mutualistischen Gemeinschaft, die von van Beneden 1878 auch als Kommensalismus, als Tischgemeinschaft, bezeichnet worden ist, finden wir in den in starrer, hexenbesenartiger Verzweigung über die Bodenoberfläche hervortretenden Wurzelbüscheln bei den Sagopalmen (*Cycadaceae*), die in ihren großen Rindenlücken zahlreiche Ketten von *Nostoc* beherbergen. Ähnliches zeigt die Gattung *Gunnera*. Ferner ist dies der Fall bei *Azolla Caroliniana*, die einer anderen Nostocacee mit länglichen Gliedern (*Anabaena*) Unterkunft in den Achselhöhlen ihrer Blätter gewährt.

Ähnlich gedeutet wird die Symbiose gewisser Pilzmyzelien mit den Wurzeln von *Fagus*, *Corylus*, *Castanea*, mehreren Koniferen usw., die sogenannte Pilzwurzel oder Mykorrhiza, die man für eine notwendige allgemeine Einrichtung anzusehen gewohnt ist. Anschließend an die Mykorrhiza ist die von Hiltner[1]) und Stürmer als Bakteriorrhiza

---

[1]) Hiltner und Peters, Untersuchungen über die Keimlingskrankheiten der Zucker- und Runkelrüben. Arbeiten d. Biolog. Abt. am Kais. Gesundheitsamte. IV. Heft 3. (1904.)

bezeichnete Schutzvorrichtung zu erwähnen (bei *Beta* und *Pisum*). Es dringen vom Boden aus Bakterien in die äußeren Zellschichten der Wurzeln, die zwar eine Bräunung dieser Schichten verursachen, aber sonst die Gesundheit der Pflanze nicht besonders stören. Diese Bakterien verhindern (nach Hiltner) aber das Eindringen anderer schädlicher Organismen (*Phoma* usw.).

Endlich gedenken wir noch der Einrichtung der Wurzelknöllchen, die in verschiedener Gestalt und Gruppierung bei den Hülsenfrüchten an den Wurzeln zu finden sind und bei den Erlen jene bekannten traubenförmigen Körper darstellen, die als kugelige Nester kurzverzweigter Wurzeln nicht selten bis zu Faustgröße beobachtet werden. Die den Stickstoff der Luft der Pflanze nutzbar machenden Organismen in den Knöllchen, die als *Rhizobium Leguminosarum* Frank oder *Bacillus radicicola* Beijerinck bei den Hülsenfrüchtlern beschrieben worden sind, gehören ebenso wie die Erzeuger der silberweißen Knöllchen bei *Isopyrum biternatum*, das nach Mac Dougal[1]) sich auf nitratfreien Böden kräftig entwickelt, den Bakterien an.

Bei der antagonistischen Symbiose hat de Bart den Ausdruck Saprophytismus verwendet, und Johow hat 1889 den Begriff spezialisiert, indem er Holosaprophyten (chlorophyllose) von Hemisaprophyten (chlorophyllführende) unterschieden hat.

Dem gegenübergestellt hat Bischoff den Begriff Parasitismus. Der Ausdruck „Parasit" ist nach Sarauw[2]) im Jahre 1729 von Micheli bei Balanophoraceen zum ersten Male gebraucht worden[3]), und entsprechend der Einteilung der Saprophyten hat Sarauw die Holoparasiten (ohne Chlorophyll) von Hemiparasiten (mit Chlorophyll versehen) unterschieden.

Unter Saprophytismus versteht man die Fähigkeit eines Organismus, von der in Zersetzung begriffenen organischen Substanz sich ernähren zu können, während der Parasit das im lebendigen Organismus dargebotene Material für sich ausnutzt.

Prüfen wir diese Gliederung in den Ernährungsformen, so erkennen wir, daß Übergänge zwischen den einzelnen Gruppen vorhanden sind.

Vergleicht man das Verhältnis der Nachbarschaft zur Ernährungsgenossenschaft (Symbiose), so zeigt uns eben jeder Wald und jedes Getreidefeld, wie beständig ein Organismus den andern beeinflußt, je nachdem der eine dem andern Nährstoffe, Wasser und Licht übrig läßt. Ebenso wie die räumliche Entfernung keine feste Schranke für die Ernährungsform bildet, kommt auch die Gliederung der Organismen in solche mit reiner Mineralernährung und in solche der auf organische Substanz angewiesenen in Wegfall.

Der tatsächlich vorhandene Vorgang besteht darin, daß die meisten zur selbständigen Ernährung geeigneten Pflanzen ihr Nährstoffmaterial, obwohl sie es aus rein mineralischer Unterlage beziehen können, doch auch nebenbei den Humussubstanzen entnehmen können, die durch die Tätigkeit einer reichen Bakterienflora im Boden die Nährstoffe in aufnehmbarer Form liefern.

---

[1]) Minnesota Botanical Studies 1894.

[2]) Sarauw, G. F. L., Rodsymbiose og Mykorrhizer saerlig hos Skovträerne. Botanisk Tidsskrift 1893. Heft 3 u. 4.

[3]) Aber Tournefort in Mém. Ac. Paris 1795, S. 332, spricht schon von Pflanzen, welche auf andern Pflanzen wachsen.

Ganz besonders stark aber hat die Neuzeit an der Grenzwand zwischen Saprophytismus und Parasitismus gerüttelt, indem sie immer reichlicher Beispiele dafür bringt, daß die als obligate Parasiten angesprochenen Organismen in bestimmten Entwicklungsphasen einer saprophyten Ernährung zugänglich sind, und anderseits, daß die in zahllosen Fällen uns begegnenden Saprophyten eine parasitäre Lebensweise annehmen können. Bei diesen letzteren treffen wir oft (oder immer ?) den Fall an, daß ihre Organe in das lebende Gewebe hineinwachsen, es abtöten und dann erst von dem toten Gewebe leben. Solche Schädlinge, die in großen Massen auftreten können, sind z. B. *Nectria cinnabarina* und *Polyporus annosus.* Diese sind anscheinend gar nicht imstande, aus dem lebenden und lebend bleibenden Gewebe ihr plastisches Material zu saugen, wie es die echten Parasiten tun; das von ihnen befallene Gewebe stirbt immer mit dem Fortschreiten des Myzels ab, und die Entwicklung des Pilzes folgt dann eine Strecke hinterher, also saprophytisch.

Einen Einblick in die Art und Weise, wie solcher Wechsel in der Ernährungsweise zustande kommt, gewähren uns die Untersuchungen von Miyoshi[1]). Die im Institut von Pfeffer in Leipzig vorgenommenen Experimente zeigen, daß Pilzhyphen chemisch reizbar sind und von ihrer Wachstumsrichtung entweder nach der reizenden Substanz hin (positiver Chemotropismus) oder von derselben fort (negativer Ch.) abgelenkt werden können. Ja, auch ihr Wachstumsmodus kann sich ändern, indem z. B. bei hoher Konzentration der Lösung Neigung zur Sproßbildung sich einstellt. Gerade unsere gewöhnlichsten Schimmelformen, die gelegentlich zu Parasiten werden (*Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*), zeigen eine solche Reizbarkeit Stoffen gegenüber, die als Inhaltsstoffe der Zellen der phanerogamen Gewächse fast stets vorausgesetzt werden können. Außer Dextrin und den neutralen phosphorsauren Salzen ist es besonders der Zucker, der in hervorragender Weise die Pilzhyphen anlockt, falls nicht zu hohe Konzentration vorhanden ist. So wirkt z. B. Traubenzucker bei 50 %iger Lösung für den bei der Fäulnis des Obstes tätigen *Mucor stolonifer* repulsiv. Säuren dagegen und Alkalien wirken von vornherein abstoßend. Die Keimschläuche der Sommersporen von *Uredo linearis*, einem Getreideroste, werden durch Pflaumen- und Weizenblattdekokt angelockt. Besonders interessant sind die Kulturergebnisse bei *Penicillium glaucum*, dessen Hyphen die Zellwände eines Blattes durchbohrten, das mit einer zweiprozentigen Rohrzuckerlösung imprägniert war. Ebenso drangen sie in künstliche Zellulosemembranen und in die Epidermis von Zwiebelschalen ein, die auf einer Nährgelatine lagen.

Dies sind äußerst wichtige Fingerzeige, welche die zahlreichen Fälle von Erkrankungen durch *Penicillium* zu erklären vermögen. Es ist bekannt, daß dieser Schimmel, der häufigste Fäulniserreger bei dem Kernobst, sich erst auszubreiten beginnt, wenn der Reifeprozeß die Stärke in Zucker umgewandelt hat. Und betreffs des Eindringens von *Penicillium* in Zwiebelschalen finden wir reichlich Beispiele in den bisweilen zu Prozessen führenden Fällen der Fäulnis von Tulpen-, Hyazinthen- und Lilienzwiebeln, die besonders dann stark auftritt, wenn nasse Jahre ein Ausreifen der Zwiebeln verhindern, und wenn dieselben mit außergewöhnlichem Zucker-

---

[1]) Miyoshi Manaba, Über Chemotropismus der Pilze. Bot. Zeitg. LII (1894), S. 1 bis 72.

reichtum auf Lager gebracht und dann frühzeitig zur Treiberei verwendet werden (vgl. unten Ringelkrankheit usw.)

So sehen wir, wie die Beschaffenheit des Zellinhalts und der Zellmembran der Nährpflanze ausschlaggebend für ein Einbohren von Pilzhyphen und für den Übergang des Saprophyten zum Parasiten werden kann.

4. Die parasitären Krankheiten.

Gestützt auf die vereinzelten, sorgfältig studierten Fälle von Parasitismus, verallgemeinerten viele Beobachter den Begriff der parasitären Erkrankung dahin, daß sie eine solche überall da annahmen, wo sich Organismen in Krankheitsherden angesammelt zeigten. In vielen Fällen stützte man sich auf das Experiment, indem man einem Nährorganismus die parasitären Lebewesen einimpfte und eine lokale Gewebeerkrankung zu erzeugen vermochte.

Bei dieser Methode häuften sich die scheinbaren Nachweise parasitärer Krankheiten derart, daß man zu der Annahme gedrängt wurde, es gäbe kaum eine Erkrankung, bei der Parasiten nicht beteiligt wären. Die Impfmethoden im Laboratorium führten allmählich zu der Erkenntnis, daß bei zahlreichen Krankheitserscheinungen keine spezifischen Parasiten, sondern allgemein verbreitete Myzelpilze und Bakterienformen die Ursache waren. Je weiter die Studien fortschritten, desto mehr Fälle gelangten zur Kenntnis, bei denen durch Jmpfung von Sporen unserer häufigsten Schimmelpilzformen, wie *Botrytis*, *Penicillium*, *Cladosporium* u. dgl., sowie der verbreitetsten Bodenbakterien, *Bacillus subtilis* und *Bacillus vulgatus*, gesunde Gewebe zur Erkrankung gebracht worden sind.

Damit wurde endlich die Frage nahegelegt, woher es wohl kommen mag, daß derartig allenthalben vorhandene Organismen nur in manchen Fällen parasitär ein Gewebe anzugreifen vermögen und ein anderes Mal sich saprophytisch mit abgestorbener organischer Substanz begnügen. Zu dieser Frage gesellte sich eine zweite, die aus den äußerst schnell sich mehrenden Erfahrungen entsprang, daß bei gleichen Impfmethoden gewisse Varietäten oder auch Individuen widerstandsfähig sich erwiesen, während andere mit Leichtigkeit dem parasitären Angriff erlagen. Was war die Ursache derartiger Verschiedenheiten?

Ein Teil der Forscher zog zur Erklärung solcher Fälle die Virulenztheorie herbei. Es wurde hervorgehoben, daß der Parasitismus als Kampf zweier Organismen gegeneinander in jedem einzelnen Falle davon abhängen müßte, wer von den Kämpfenden der stärkere sei. Wenn die Angriffswaffe des Parasiten z. B. ein von demselben ausgeschiedenes Enzym sei, das die Fähigkeit habe, den Zellstoff der Nährpflanze zu lösen, so sei erklärlich, daß dieser Prozeß um so schneller stattfinden würde, je mehr in einer Zeiteinheit von einem derartig lösenden Ferment gebildet würde. Da man nun experimentell nachweisen konnte, daß bei Kulturen auf verschiedenen Nährböden die Angriffskraft der Parasiten wechselte, so durfte man sich sagen, daß dort, wo er wirklich zum Krankheitserreger wurde, seine Produktion an Enzymen eine besonders reichliche gewesen, er besonders giftig (virulent) gewesen sein muß. Die meisten Beispiele für die wechselnde Virulenz lieferten die Bakterienkulturen; doch wurden auch bei den Myzelpilzen solche Fälle festgestellt. Sehr bekannt ist die

Angabe von de Bary über die überall anzutreffende, als *Botrytis cinerea* bezeichnete Schimmelform, deren Myzel sich durch die gewöhnliche saprophyte Ernährung erst zu einer gewissen Kräftigkeit entwickelt haben muß, wenn es parasitär werden und lebendige Pflanzenteile mit Erfolg angreifen soll. Sorauer konnte für die Konidien dieses Pilzes gleichsinnige Resultate erlangen. Es wurden auf weiche Begonienblätter massenhaft Sporen ausgestreut und die Aussaat reichlich feucht erhalten. Nach einigen Tagen ließ sich beobachten, daß an denjenigen Blattstellen, wo die Sporen in dicken Haufen aufeinandergelegen hatten, eine Erkrankung des Blattes unter Bräunung des Gewebes eingetreten war; dort, wo die Sporen vereinzelt aufgelegen, ist ein Angriff nicht festzustellen gewesen. Die Wirkung der von der einzelnen Spore ausgeschiedenen Fermentmenge hatte sich demnach als ungenügend erwiesen, während die Häufung des Angriffsmaterials die Infektion zuwege gebracht hatte.

Es wird nun leicht verständlich, daß die Parasiten, wie jeder andere Organismus, sich dann am kräftigsten entwickeln, wenn die Ernährungsbedingungen am günstigsten sind, und daß, je kräftiger und zahlreicher ihre vegetativen Organe ausgebildet werden, ihre Enzymausscheidungen und demgemäß ihre Angriffsstärke sich steigern, also ihre Virulenz erhöht wird.

Aber diese Vorgänge genügen nicht zur Erklärung der Tatsache, daß auf einem Felde bei einer Anzahl nebeneinander angebauter Varietäten einzelne derselben völlig zerstört werden können, während danebenstehende wenig beschädigt werden oder vielleicht ganz unversehrt bleiben. Da in solchen Fällen die Witterungsverhältnisse und sonstigen Vegetationsfaktoren gleich günstig für den Parasiten sind und er sich trotzdem auf einer Varietät schnell und kräftig ausbreitet und auf der anderen nicht, so muß in diesen beiden Fällen der Mutterboden selbst, d. h. also die spezifische Beschaffenheit der Nährpflanze, ausschlaggebend für die Erkrankung gewesen sein. Damit gelangen wir zur Erkenntnis, daß für das Zustandekommen einer parasitären Krankheit meist nicht die Anwesenheit des Parasiten allein maßgebend ist, sondern auch die Beschaffenheit des Nährorganismus mitsprechen kann.

Die vielfachen Impfversuche haben auch dazu geführt, die sich auf andern Organismen ansiedelnden Lebewesen, die imstande sind, das Gewebe anzugreifen, derart zu klassifizieren, daß man eine Gruppe als absolute Parasiten anspricht, wenn sie imstande ist, die Nährpflanze in allen Stadien ihrer normalen Entwicklung anzugreifen (z. B. Maisbrand). Von dieser Gruppe hat man solche Organismen als Wundparasiten abgetrennt, welche den mit seinen normalen Schutzvorrichtungen versehenen Organismus nicht angreifen können, sondern erst derjenigen Gewebeveränderung bedürfen, welche eine Wundfläche darbietet. Bei einer großen Anzahl parasitärer Vorkommnisse haben wir erkannt, daß der Parasit erst dann den für seine Entwicklung nötigen Mutterboden bei einer Pflanze findet, wenn dieselbe in ihrer Produktion verändert und in ihren Funktionen bereits abgeschwächt ist. Hier werden Zustände eintreten, wie sie in den von Miyoshi ausgeführten Experimenten (s. S. 25) ausschlaggebend wurden. Diese Gruppe führt die Bezeichnung „Schwächeparasiten".

Namentlich in diese letztere Gruppe gehören die zahlreichen Arten, die in vielen Generationen auf abgestorbener organischer Substanz leben, also als Saprophyten angesprochen werden müssen und gelegentlich parasitär werden (fakultative Parasiten). Hier verwischt sich also

die Grenze zwischen Parasitismus und Saprophytismus, und selbst bei denjenigen Gattungen, die zu den strengsten (obligaten) Parasiten gehören, wie z. B. bei den Brandarten, finden wir Entwicklungsphasen mit saprophyter Ernährung.

Wenn wir nun aber die Familien unserer strengsten Parasiten unter den Myzelpilzen, nämlich die Brand- und Rostarten, genauer in Augenschein nehmen, so finden wir durch die neueren Untersuchungen in vielfacher Bestätigung besonders eine Tatsache in den Vordergrund gerückt, nämlich die Abhängigkeit der Wachstumsenergie des Parasiten von seiner Nährpflanze. Wir haben Beispiele, welche zeigen, daß derselbe Pilz auf einzelnen Arten derselben Nährpflanzengattung an demselben Standort bald üppig in zahlreichen großen Herden, bald spärlich in kleinen Formen auftritt, je nachdem die eine Art fleischigere Blätter und die andere derbere besitzt. Ja, die Roste sind derart von ihren Nährpflanzen abhängig, daß sich biologische Rassen (*formae speciales*; Gewohnheitsrassen von P. Magnus) bilden, die bei aller gestaltlichen Übereinstimmung doch insofern Unterschiede zeigen, als sie sich einer bestimmten Nährpflanze anpassen und selbst bei sorgfältiger Impfung auf der verwandten Nährpflanze nicht mehr oder nur in geringem Grade zur Entwicklung gelangen. So haben wir von unserm gewöhnlichen Getreide-Schwarzrost eine Spezialform für Roggen, eine solche für Weizen und eine solche für Hafer usw. Die Mykologen hegen die Überzeugung, daß diese Ausbildung zu einzelnen Rassen durch Gewöhnung an spezielle Nährpflanzengeschlechter eine weitverbreitete, fortdauernd mehr zutage tretende Erscheinung ist. Was bedeutet nun eine derartige Rassenbildung anders, als daß die Parasiten mit ihren Ansprüchen äußerst eng an die Beschaffenheit der Unterlagen gebunden sind und sich ferner binden? Wenn aber der strengste Parasit erwiesenermaßen so abhängig von seiner Nährpflanze ist, dann sieht man, wie vollständig er mit den nicht-parasitären Pflanzen darin übereinstimmt, daß er ganz bestimmte Ernährungsverhältnisse beansprucht, und daß mit dem Wechsel dieser entweder der Parasit seinen Charakter ändert und sich anpaßt oder verschwindet.

Das letztere wird in neuester Zeit[1]) von einem Bekämpfungsmittel der Blutlaus behauptet. Durch ein „Zernal“ genanntes Mittel soll der Apfelbaum durch Einimpfung mittels Tuben derartig immunisiert werden, daß die Parasiten von selbst absterben. Wenn nicht Rankins Arbeit vorläge und Arthur Pekrun (Weißer Hirsch, Dresden) ein zustimmendes Gutachten abgegeben hätte, würde man die Methode für phantastisch halten.

Wie wir uns diese Anpassungserscheinungen etwa zu denken haben, deuten die Beobachtungen von Stahl[2]) bei Myxomyzeten-Plasmodien an. Wenn in dem Kulturgefäße das Wasser durch eine 1- bis 2%ige Traubenzuckerlösung ersetzt wurde, starben bei plötzlicher Einwirkung die Plasmodien ab oder flohen die Zuckerlösung. Allmählich aber vertrugen sie diese, hatten sich also an eine konzentriertere Lösung gewöhnt (vielleicht durch einen gewissen Wasserverlust), und zwar derart, daß sie, in reines Wasser zurückgebracht, nunmehr beträchtliche Schädigungen zeigten.

---

[1]) Otto Richter in Prospekten von Joh. Bautzmann (Taucha-Leipzig). Vgl. Zeitschr. d. Verbandes Deutscher Gartenbaubetriebe 1923. Vgl. auch W. A. Rankin in Phytopath. VII. (1917), S. 5—13.

[2]) Stahl in Bot. Z. 1884, S. 163 bis 166.

Über die Rassenbildung äußert sich Pfeffer[1]): „Die vorliegenden Erfahrungen . . . lassen erkennen, daß die tropistische Sensibilität derselben Art von Bakterien, Flagellaten usw. je nach den vorausgegangenen Kulturbedingungen graduell verschieden ausfällt. So ist es zu verstehen, daß man bei derselben Art, in der Natur und in künstlichen Kulturen, zuweilen eine sehr ansehnliche, zuweilen eine geringe oder verschwindende Reaktionsfähigkeit gegenüber einem bestimmten Tropisticum findet. Ja, es muß nach anderweitigen Erfahrungen möglich erscheinen, daß Rassen gezüchtet werden können, bei welchen eine zuvor vorhandene bestimmte tropistische Sensibilität teilweise oder gänzlich verloren gegangen ist."

Der Parasitismus ist nichts Außergewöhnliches, nicht etwa ein innerhalb der Kulturzeit neu aufgetretener Faktor. Er ist als eine mit der Entwicklung des organischen Lebens allmählich in die Erscheinung getretene und nun gegebene notwendige Ernährungsform zu betrachten, die als das Endglied einer Kette von Beziehungen anzusehen ist, welche sich bei der gegenseitigen Beeinflussung der Organismen herausgebildet hat.

Er ist das Endglied einer Kette, die mit denjenigen Organismen beginnt, welche die Fähigkeit haben, aus anorganischem Material durch die Arbeit des Lichtes organische Substanz zu bilden. Es schließen sich daran die Gewächse mit geringerem Lichtbedürfnis, wie wir sie bei den sog. Humusbewohnern vorfinden, wo eine Beigabe von der schneller zersetzbaren organischen Substanz eine wesentliche Erleichterung des Ernährungsvorganges darstellt. Je mehr bei der wachsenden Zahl der Organismen der Kampf um das Licht an Bedeutung gewinnt, desto näherliegender wird die Ausbildung von Organismenreihen mit äußerst schwachem Lichtbedürfnis und immer notwendiger werdendem Bedürfnis nach einem Ernährungsmodus, bei dem das Rohmaterial schon in der Form organischer, leichter zu verarbeitender Substanz geboten wird, wie wir es bei dem Saprophytismus vorfinden.

Wenn bei dem Kampf um das Licht bei der ständig im Laufe der Zeiten wachsenden Individuenzahl sich notwendigerweise auch der Kampf um den Raum ausbildet, so führt schließlich der Raummangel zu jenen Anpassungsformen der Pflanzenwelt, die nur anfangs oder überhaupt nicht mehr den Erdboden als Wohnstätte beanspruchen, sondern einen andern Organismus als Ansiedlungsherd sich ausersehen. Die unter solchen Verhältnissen sich ausbildenden gegenseitigen Beziehungen sind teils freundliche, teils feindliche, wie sie in der mutualistischen und antagonistischen Symbiose zutage treten.

Unter den einen andern Organismus als Wohnstätte benutzenden Pflanzenarten sehen wir dann die verschiedensten Hilfsvorrichtungen zur Ermöglichung der Ernährung sich ausbilden. Bei allen diesen Beziehungen tritt das eine Grundgesetz zutage, daß jeder Organismus an eine bestimmte Beschaffenheit seines Substrates gebunden ist. Das Substrat muß eben die Fähigkeit haben, alle Ansprüche des Organismus betreffs seiner Existenz zu befriedigen; sonst kann er nicht gedeihen. Also auch alle die Organismen, welche wir als Parasiten zu bezeichnen pflegen, stellen ihre ganz bestimmten Ansprüche an einen Nährorganismus. Wie eng manchmal diese Ansprüche umgrenzt sind,

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. II. S. 763. Leipzig 1904.

zeigen uns gerade die Bakterien, bei denen bisweilen schon geringe Schwankungen in der Wärmezufuhr, in der Azidität des Nährstoffgemisches u. dgl. zum Ersetzen bestimmter Arten durch andere, angepaßtere führen.

Um nur einige Beispiele anzuführen, erwähnen wir die Untersuchungen von Thomas Milburn[1]), der sowohl Myzelpilze als auch Bakterien in Kultur nahm. Von ersteren fand er bei *Hypocrea rufa*, daß eine Steigerung des osmotischen Druckes erst die Pigmentbildung in den Konidien und schließlich auch die Konidienbildung überhaupt unterdrücke. Bei diesem Pilze ändert sich die Farbe der Konidien mit der Reaktion des Mediums. Bei saurer Reaktion werden grüne, bei alkalischer Reaktion gelbe Sporen gebildet. Gut ernährtes Myzel gibt im Dunkeln keine Fruktifikation, wohl aber zeigt sich bei schlechter Ernährung eine Konidienbildung. Die gelbe Farbe im Myzel von *Aspergillus niger* ist gegen Licht sehr empfindlich und wird binnen weniger Stunden durch das Licht schwarz. Der auf Kartoffeln kultivierte *Bacillus ruber Balticus*, der sog. „Kieler Bazillus" (s. Breunig, Untersuchungen des Trinkwassers der Stadt Kiel, 1888), der nach Laurent auf gewissen Nährböden Säure, auf anderen Alkali bildet, wird in seiner Farbstoffproduktion durch den Nährboden dahin beeinflußt, daß er bei saurer Beschaffenheit violette, bei alkalischer Reaktion orangerote Farbe entwickelt.

Bei einer zweigbildenden streng aëroben Bakterie aus dem Sputum bei Pneumonia, *Bacillus Berestnewii*, beobachtete Lepeschkin[2]), daß dieselbe sich auf stark alkalischem und stark saurem Boden entwickeln kann, aber das alkalische Substrat allmählich sauer macht. Bei Anwesenheit von Zucker (Dextrose) tritt unter Zerfall der Stäbchen in Oidien ein rosa Farbenton auf; bei Anwesenheit größerer Mengen stickstoffhaltiger Verbindungen (Asparagin, Lezithin, Peptone) färbt sich die Bakterienmasse orangegelb. Das Wachstumsoptimum liegt etwa bei 25° C. Schon bei 35° C wächst die Bakterie sehr langsam, und bei 38° C ist sie nicht mehr wachstumsfähig; bei 55° C wird sie getötet.

Wenn also für die Parasiten sich eine deutlich zutage tretende Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Nährbodens erweisen läßt, so ist natürlich das nächstliegende Erfordernis, daß wir bei Bekämpfung derselben versuchen müssen, ihnen den günstigen Nährboden zu entziehen und in einen dem speziellen Parasiten ungünstigen zu verwandeln.

Da nun die Kulturpflanze durch die Tatsache, daß sie in empfänglichen und widerstandsfähigeren Varietäten existiert, den Beweis liefert, daß es eine Möglichkeit gibt, den durch die lebendige Pflanze dargestellten Nährboden zu ändern, so ist die Züchtung solcher widerstandsfähiger Rassen[3]) bzw. Individuen die erste Pflicht unserer Bestrebungen bei der Bekämpfung parasitärer Krankheiten. Sie ist wirksamer als die herrschende, aus einer engen Anschauungsweise hervorgegangene Methode der lokalen Bekämpfung oder Abhaltung der Parasiten, die höchstens für kleine Herde wirksam ausführbar, aber bei dem Be-

---

[1]) Thomas Milburn, Über Änderungen der Farben bei Pilzen und Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriologie usw. II. Abt. (1904.) XIII. Nr. 9/11.

[2]) Lepeschkin, Zur Kenntnis der Erblichkeit bei den einzelnen Organismen usw. Zentralbl. f. Bakteriologie usw. II. Abt. (1904.) XII. Nr. 22/24.

[3]) Weitere Literatur über widerstandsfähige Formen vgl. in Band II u. III, sowie unten (Prädisposition und Immunität), namentlich unter Enzymatische Krankheiten.

triebe im großen schon aus mechanischen Gründen oft undurchführbar ist.

Von den hier entwickelten Gesichtspunkten aus ist der Parasitismus keine solche Gefahr, als welche er jetzt hingestellt wird.

Wenn der Parasitismus eine bestimmte, in der natürlichen Entwicklung der Lebewesen im Laufe der Zeiten notwendig gewordene Ernährungsform für gewisse Gruppen von Organismen ist, so muß er im Haushalt der Natur sein Gleichgewichtsstadium haben. Es müssen Einrichtungen existieren, welche dem Parasitismus das Gegengewicht halten. Er muß an seiner Wirksamkeit behindert werden können durch gleichzeitig wirksame Faktoren; denn sonst könnten die Nährorganismen überhaupt nicht mehr existieren. Dieses Gegengewicht liegt eben darin, daß die Parasiten ganz bestimmte, häufig enggezogene Existenzgrenzen haben. Eine solche Grenze, die der Parasit unter normalen Verhältnissen nicht zu überschreiten vermag, ist derjenige Zustand eines Lebewesens, den wir als „gesund" zu bezeichnen pflegen, ohne ihn bis jetzt präzisieren zu können. Denn da die Verteidiger der extremen Parasitentheorie auch solche Mikroorganismen als gefährliche Parasiten hingestellt haben, die allenthalben saprophytisch stets vorhanden sind, und denen die Wirtspflanzen in ihrer Gesamtheit bisher doch nicht erlegen sind, so müssen die letzteren eben bei ihrer normalen, d. h. herkömmlichen, von Generation zu Generation sich gleichsinnig wiederholenden Entwicklung Schutzvorrichtungen besitzen. Als solche sehen wir kontinuierliche Wachs- und Korküberzüge, bestimmte Azidität des Zellinhalts u. dgl. auftreten.

Daß Sorauer mit seinen Anschauungen immer mehr Anhänger fand bewiesen die Angaben eines der bedeutendsten Parasitologen, des am Pasteurschen Institut tätigen Metschnikoff[1]). Er sagt, nachdem er eine Anzahl von Beispielen dafür angeführt hat, daß das Zustandekommen der parasitären Krankheit durch zwei Ursachen, nämlich erstens den Parasiten und zweitens einen im Innern des Organismus gelegenen Empfänglichkeitszustand, bedingt wird, folgendes (S. 6): „Sind diese innern Ursachen ohnmächtig, die Entwicklung der Krankheitserreger zu hemmen, so entsteht eine Krankheit; wenn sie aber dem Eindringen der Bakterien festen Widerstand leisten, so ist der betreffende Organismus geschützt und erweist sich so als immun." (S. 7): „Man kann nicht mehr der Ansicht sein, daß jedesmal, wenn ein Krankheitserreger in einen für die betreffende Krankheit empfänglichen Organismus eindringt, die Gegenwart desselben unausbleiblich die spezifische Erkrankung hervorruft. Löfflers Entdeckung der Diphtheriebazillen im Rachen gesunder Kinder ist seitdem häufig bestätigt worden, und dennoch ist es unmöglich, an der ätiologischen Bedeutung dieses Bazillus für die Diphtherie zu zweifeln. Anderseits hat es sich gezeigt, daß der Kochsche *Vibrio*, obwohl er der wahre Erreger der asiatischen Cholera ist, dennoch im Verdauungstraktus gesunder Personen vorkommen kann."

Der gesunde Organismus besitzt eben eine natürliche Immunität, und eine Störung derselben bildet die Bedingung für den parasitären Angriff.

---

[1]) Immunität bei Infektionskrankheiten von Elias Metschnikoff, Professor am Institut Pasteur zu Paris. Autorisierte Übersetzung von Dr. Julius Meyer. Jena, Gustav Fischer, 1902.

5. Epidemien.

Wenn wir Endemie als eine Lokalseuche bezeichnen können, deren Zustandekommen an bestimmte, örtlich engbegrenzte Verhältnisse gebunden ist, so wird Epidemie eine Landesseuche genannt werden können. Der Ausdruck „Seuche" deutet die Vielheit der erkrankten Individuen im Gegensatz zum vereinzelt auftretenden Krankheitsfall an. Epidemie kennzeichnet somit die Erscheinung, daß gemeinsames Erkranken zahlreicher Individuen unter übereinstimmenden Formen über weite Länderstrecken Platz gegriffen hat.

Wenn eine Epidemie ausbricht, sind also Zustände vorhanden, welche den Organismus zahlreicher Individuen in seinen Funktionen so stark erschüttern, daß er mit einem vorzeitigen Abschluß seines Lebens bedroht ist oder schließlich diesem Abschluß zugeführt wird. Die Erschütterung beruht auf äußeren Ursachen. Wenn dieselben in Form parasitärer Organismen auftreten, so sind sie in ihrer Existenz, wie wir im vorhergehenden Kapitel gezeigt, abhängig von den ihre übermäßige Vermehrung begünstigenden Wachstumsfaktoren, zu denen eine „Lockerung der Immunität des Nährorganismus" gehört.

Selbst bei der Annahme, daß ein in den verseuchten Ländern nicht einheimischer Parasit durch Einwanderung die Epidemie hervorgerufen hätte, ändert dieser Umstand nichts an der Tatsache, daß in der größten Mehrzahl der Fälle die vorhandenen Wachstumsfaktoren ausschlaggebend für das Zustandekommen der Epidemie sind. Denn es mag einwandern, was will, sei es Tier oder Myzelpilz oder Bakterie, so hat diese Einwanderung für das Zustandekommen einer Epidemie keine Bedeutung, wenn die Einwanderer keine Gelegenheit zu großer Vermehrung und Ausbreitung finden. Wer erinnert sich beispielsweise nicht an die effektreichen Darstellungen über das Einschleppen des Koloradokäfers, als den Vernichter unseres Kartoffelbaues, über die massenhafte Einfuhr der San-José-Schildlaus, der Vernichterin unserer Obstkulturen, u. dgl. Eingeweihtere wissen auch, wie vielfach Einfuhrverbote und Desinfektionszwang bereits gefordert und teilweise erlangt worden sind zum Schutze gegen die Einschleppung parasitärer Pilze (White-rot des Weinstocks usw.). Auf der andern Seite hat z. B. die Einschleppung des amerikanischen Stachelbeermehltaus und des Eichenmehltaus gezeigt, daß es fremde Pilze gibt, die selbst vor den gesundesten Exemplaren nicht haltmachen, wenn gerade die Witterungsverhältnisse, also die Zustände der befallenen Pflanzen, ihrer Ausbreitung günstig sind.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß nicht etwa eine theoretisch erträumte, aber praktisch unmögliche vollständige Abtötung oder Fernhaltung derartiger Parasiten uns vor Epidemien bewahrt hat, sondern der Umstand, daß die genannten Schädlinge meist nicht den entsprechenden klimatischen Boden für ihre Vermehrung fanden. Umgekehrt wolle man sich an die Reblausplage erinnern, die trotz aller menschenmöglichen Anstrengungen und Aufwendung vieler Millionen sich immer weiter ausbreitet. Die Reblaus findet eben in Europa genügend günstige Existenzbedingungen und trotzt deshalb solchen Bekämpfungsmitteln wie Grenzsperren, Desinfektion, Extinktionsverfahren usw.

Man wird sich bei ruhiger Überlegung wohl allmählich klar darüber werden, daß kleine und kleinste Lebewesen, die durch Gegenstände des

Handels eingeführt werden oder gar durch Staub und Wind mit Leichtigkeit verbreitet werden können, tatsächlich wohl von engen, abgeschlossenen Räumen, aber nicht von freiliegenden, ausgedehnten Örtlichkeiten fernzuhalten sind, und daß man richtiger verfährt, eine allseitige Verbreitungsmöglichkeit derartiger Organismen vorauszusetzen, aber erst dann eine wirkliche Gefahr anerkennt, wenn eine leichte Vermehrungsfähigkeit derselben bei uns nachgewiesen worden ist.

Wenn nun bei fast allen parasitären Einwanderungen nicht die Gegenwart des Parasiten, sondern die seine Ausbreitung begünstigenden Umstände ausschlaggebend für das Zustandekommen einer Epidemie sich erweisen, dann ist auch die Änderung dieser Umstände das gebotene Bekämpfungsmittel.

Betreffs der Abhaltungs- und Vorbeugungsmaßregeln aber gibt uns die Epidemie insofern besondere Fingerzeige, als sie durch ihr Auftreten über große Länderkomplexe alle die Faktoren als Ursachen ausschließt, die in den einzelnen verseuchten Landstrichen voneinander abweichen. Denn da trotz der Abweichungen solcher Faktoren, wie z. B. Lage, Bodenbeschaffenheit, Bewirtschaftungsmethode u. dgl., die Erkrankung große Individuengruppen ergreift, können diese Faktoren nicht die Ursache sein; vielmehr ist dieselbe in denjenigen Einflüssen zu suchen, die eben in den sämtlichen Ländern gleich sind, oder der Einwanderer erweist sich als unempfindlich gegen die Unterschiede.

Bei den endemischen Krankheiten pflegen dagegen meist Bodenverhältnisse ausschlaggebend zu wirken. Entweder sind sie als direkte Krankheitsursache zu betrachten, indem sie durch ungünstige chemische oder physikalische Eigenschaften die Funktionen der Pflanzen dauernd stören, oder sie wirken indirekt, die Vermehrung der Parasiten und ihre Angriffsstärke begünstigend, wobei sie in der Regel die Wachstumsenergie der Wirtspflanzen gleichzeitig herabdrücken. Das häufigste Vorkommen in dieser Richtung ist Bodennässe oder doch schlechte Bodendurchlüftung. Bei starker wasserhaltender Kraft dichter, schwerer Böden in ebener oder muldenartiger Lage pflegt Anhäufung von Wasser sich einzustellen, das keinen Abfluß findet und Sauerstoffmangel mit Kohlensäureüberschuß erzeugt. Die Pflanzen zeigen die Funktionsstörung durch Veränderung des Chlorophyllapparates an; die allmählich gelb werdenden Blätter bilden ein bequemes Ansiedlungsbett für gewisse Pilzgruppen.

Bei den Endemien und Epidemien deutet das gleichzeitige Erkranken großer Mengen von Individuen auf ein längeres Stadium der Vorbereitung bis zum tatsächlichen Ausbruch der Seuche hin.

Nach Sorauers Auffassung aller Erscheinungen des Lebens als dynamische Vorgänge charakterisiert sich jede Erkrankung als die mittelbare oder unmittelbare Folge mechanischer Stöße, welche die einzelnen Wachstumsfaktoren auf die Zusammensetzung und Funktionen der Substanz ausüben. Das Leben einer Zelle ist ein beständiger Kampf der in den labilen organischen Substanzverbindungen augenblicklich vorhandenen Schwingungsformen mit den Stößen, die die Wachstumsfaktoren unausgesetzt auf sie ausüben. Eine Änderung der Substanz und damit auch ihrer Funktion tritt sofort ein, wenn der Stoß eines Wachstumsfaktors so stark ist, daß er die bisherige Schwingungsform zu ändern imstande ist.

Solange die Stöße in ihrer Gesamtheit den Effekt haben, daß sie die Entwicklung des Gesamtorganismus, des pflanzlichen Individuums,

fördern, bleibt die Pflanze innerhalb der Breite der Gesundheit. Wird die Zelle oder der Zellenkomplex derart verändert, daß schließlich der Gesamtaufbau leidet, erfolgt die Erkrankung.

Nun haben wir aber in der jederzeit durch Beispiele zu erhärtenden Tatsache der bevorzugten Erkrankung einzelner Kulturvarietäten unter gleichen Wachstumsverhältnissen mit andern den Beweis vor uns, daß die organische Substanz den gleichen Stößen in den verschiedenen Individuen verschieden großen Widerstand entgegenzusetzen vermag. Dies würde heißen, daß bei dem einen Individuum mehr Stöße notwendig sind, damit es aus der Breite der Gesundheit herausgebracht werde. Wenn nun bei der Epidemie stets große Individuenmengen plötzlich erkranken, so müssen sich unter diesen neben den besonders hinfälligen auch solche befinden, bei denen schon eine größere Menge von Stößen, also eine längere Dauer der Einwirkung, nötig ist, damit sie krank werden. Es muß also bis zum Ausbruch der Epidemie eine längere Zeitdauer der krankheiterzeugenden Einflüsse, die wir oft in den Witterungsfaktoren erblicken, vorangegangen sein.

Somit ist nach unserer Auffassung jede Epidemie gleichsam die Explosion einer längere Zeit vorher langsam stattgefundenen Ladung. Ihre Ursache ist daher nicht oder doch nicht ausschließlich in den augenblicklich vorhandenen Wachstumsfaktoren, sondern in der Häufung der schon längere Zeit vorher gleichsinnig wirksam gewesenen Stöße zu suchen. Bei parasitären Epidemien ist das massenhafte Auftreten der Mikroorganismen durchaus nicht das erste Stadium der Erscheinung, sondern schon ein Schlußeffekt langer Vorbereitungen. Und diese Vorbereitungen bestanden einerseits in der allmählichen Herstellung der für die enorme Vermehrung günstigen Lebensbedingungen der Mikroorganismen, anderseits in der, wie wir glauben, damit stets verbundenen allmählichen Schwächung einiger und korrelativer Steigerung anderer Funktionen des Nährorganismus.

Wenn wir beispielsweise die bekannteste Pilzepidemie, die Krautfäule der Kartoffeln, ins Auge fassen, so lehrt die Beobachtung, daß eine Periode warmer, trüber, schwüler Tage dem Ausbruch vorherzugehen pflegt. Der Pilz, *Phytophthora infestans*, ist stets vorhanden. Seine staunenswert schnelle Vermehrung aber kommt im Freien nur zustande, wenn reichliche Niederschläge und eine warme, unbewegte Luft die Entstehung und das Ausschlüpfen der Schwärmsporen fortgesetzt begünstigen. Eine derartige Witterung regt die Kartoffelpflanze sowie alle andern Gewächse zur Steigerung der Zuckerbildung, zu schnellerem Wachstum der Stengel und der erhöhten Produktion junger Blätter, d. h. zur Erzeugung eines besonders empfänglichen Mutterbodens für den Pilz an, der die alt gewordenen Organe verschmäht. Daher sehen wir die Erkrankung ganzer Felder binnen wenigen Tagen.

Wir beobachten dagegen eine *Phytophthora*-Epidemie nicht, wenn dieselben Regenmengen in derselben Zeit bei kaltem Wetter fallen. Die Epidemie kommt auch nicht zustande, wenn bei hoher Wärme und bedecktem Himmel dauernd starke Winde wehen. Ein gleichartiges Verhalten zeigen die Rostepidemien des Getreides. Wie die Mehrzahl der Pilze, lieben die Getreideroste die anhaltende Feuchtigkeit; aber wir haben keineswegs stets in feuchten Jahren Rostepidemien, obgleich es kaum ein Getreidefeld geben dürfte, auf dem nicht alljährlich der Rost vor-

handen wäre. Die Epidemie bildet sich erst aus, wenn zur Zeit des Vorhandenseins jugendlicher Blätter Perioden warmer Tage mit häufigen, wenn auch an sich unerheblichen Regenfällen ein längeres Festhalten der Feuchtigkeit zwischen den Pflanzen ermöglichen. Kalte, nasse Sommer lassen keine Rostepidemien sich entwickeln. Ähnliches beobachten wir bei bakteriosen Epidemien.

Epidemien sind also Krankheitsformen, die nur durch weitgreifende Faktoren gezeitigt werden. Nur bestimmte Kombinationen von Witterungs-, Bodenverhältnissen usw. von längerer Dauer sind als die einleitende Ursache zu betrachten. Natürlich wird die Intensität der Epidemie lokal variieren, weil örtliche Faktoren spezielle Begünstigungen schaffen werden. Daraus erklärt sich das häufige Auftreten von Nestern, in denen die Seuche zuerst erscheint und am spätesten verschwindet, falls nicht alle Individuen gemeinsam in kurzer Zeit abgetötet werden. Daraus erklärt sich ferner der Rückgang der Epidemie zur Endemie, d. h. zu engbegrenzten Krankheitsherden. Unter den durch tierische Parasiten hervorgerufenen Epidemien sind die durch Getreidefliegen veranlaßten bei uns die häufigsten. Sie pflegen zustande zu kommen, wenn nach günstigen Überwinterungsbedingungen für die in manchen Gegenden vereinzelt stets vorhandenen Getreidefliegen Perioden anhaltend warmer, trockner Witterung eintreten. Soweit statistische Angaben reichen, lassen sich bevorzugte Herde und Ausgangspunkte der seuchenartigen Ausbreitung feststellen. So erweist sich beispielsweise Posen für Getreidefliegen als besonders günstiger Boden, von dem aus eine Epidemie nach Brandenburg, Pommern und Westpreußen auszustrahlen pflegt. Der ganze Osten Deutschlands leidet mehr an Fliegenschäden als der Westen; Nordwesteuropa pflegt häufiger und intensiver von der Kartoffelfäule heimgesucht zu werden als der Südwesten und Südosten usw.

Nach den hier entwickelten Anschauungen muß eine Behandlung der Epidemien durch die Bekämpfung der zutage tretenden Symptome die geringste Aussicht auf Erfolg bieten, weil diese Symptome eben nur Folgeerscheinungen von lange vorher liegenden Anfangsstadien sind. Wenn die Parasiten erst in ungeheurer Vermehrung vorhanden sind, erweist es sich meist als vergeblich, nun die Mikroorganismen abtöten zu wollen, weil kein Insektizid oder Fungizid sie auch nur annähernd der Hauptmasse nach erreicht und noch weniger sie zum Absterben bringt. So wie die Seuchen sich durch allgemeine, im großen wirkende Faktoren einleiten, müssen sie durch große Mittel bekämpft werden, welche bei Parasiten die Existenzbedingungen unterbinden und die Konstitution, d. h. die Funktionsrichtung des Nährorganismus, ändern. Wenn beispielsweise lange Nässeperioden die bakteriosen Kartoffelrotze, die wir als „Naßfäule“ zusammenfassen, in epidemischer Ausbreitung auftreten lassen, kann ein anderes Mittel als gesteigerte Bodendurchlüftung kaum zur Anwendung gelangen. Soweit es sich um spezifische Anaërobien handelt, wird durch die erhöhte Sauerstoffzufuhr im Boden denselben der begünstigende Wachstumsfaktor (Sauerstoffmangel bei Kohlensäureüberschuß) entzogen und außerdem ihnen sowie den andern Bakterien die Grundbedingung reichlicher Vermehrung, der Wasserreichtum, vermindert. In dieser Weise arbeitet auch die Natur im großen. Wenn nach den Regenperioden trocknes, windiges Wetter längere Zeit anhält, so daß der Boden abtrocknet und sich eine reichliche Luftzirkulation ein-

stellt, kommen die Rotzerkrankungen von selbst zum Stillstand. Die Empfehlung aller Maßnahmen zur speziellen Beseitigung von Infektionsmaterial durch Entfernen rotziger Kartoffeln vom Acker oder tiefes Unterackern oder Verbrennen von pilzkrankem Stroh bei Getreideepidemien halten wir für Arbeiten, deren Erfolg bedeutungslos gegenüber den Wirkungen der veränderten Lebensbedingungen für die Parasiten sind. Die Menge des Ansteckungsmaterials kommt bei Erkrankungen weiter Gebiete gar nicht in Betracht, zumal bei Rotzkrankheiten Bodenbakterien mitwirken, die einen eisernen Bodenbestand bilden. Wenn atmosphärische Einflüsse sich in bestimmten Böden derart geltend machen, daß gewisse Bakteriengruppen die Kartoffeln oder andere Feldfrüchte anzugreifen vermögen, ist die Zahl der ursprünglich vorhandenen Krankheitserreger fast bedeutungslos.

Die letztgenannten Beispiele betreffs parasitärer Epidemien durch solche Mikroorganismen, die im Boden oder der Luft als stets vorhanden anzunehmen sind, machen uns aber klar, wie geringe Aussicht auf Erfolg jeglicher Bekämpfung einer einmal ausgebrochenen Epidemie sich bietet. Ein größerer Schutz unserer Kulturen liegt in der vorbeugenden Methode. Ein solches prophylaktisches Verfahren bei Epidemien kann sich, abgesehen von der Ausbildung der allgemeinen Pflanzenhygiene, aber dadurch einleiten lassen, daß wir eine Topographie der Seuchen, d. h. eine Zusammenstellung der Seuchenherde für jede einzelne Epidemie schaffen. In der Übereinstimmung gewisser Merkmale bei einer Anzahl von Seuchenherden zeichnen sich dann einzelne Faktoren als grundlegend für das Zustandekommen einer Epidemie besonders aus, wie z. B. die Trockenheit bei leichten Bodenarten als begünstigend für die Fliegenepidemie bei Getreide oder für die Herzfäule bei Zuckerrüben sich erweist, usw. Nach Feststellung derartig gefährlicher Witterungs- und Bodenkombinationen für jede einzelne Epidemie wird man vorbeugend durch Kulturmaßnahmen eingreifen können, sobald die bedrohlichen Kombinationen einige Zeit anhalten. Direkt parasitentötende Mittel, wie Kupfervitriolbespritzungen oder Schwefelbestäubungen, werden nur dann epidemienhindernd wirken, wenn sie vorbeugend gebraucht werden.

6. Künstliche Immunisierung und innere Therapie.

Es ist naturgemäß, daß in der Phytopathologie sich derselbe Ideengang entwickelt wie in der Medizin, und demgemäß nicht auffällig, daß allmählich die Ansicht zutage tritt, die Pflanzen künstlich zu immunisieren, d. h. ihre Körperbeschaffenheit oder Säftemasse derart zu ändern, daß die Parasiten nicht mehr den erforderlichen Nährboden zur Ansiedlung bzw. zu einer größeren Ausbreitung finden.

Es liegen bereits mehrere Arbeiten in dieser Richtung vor, bei denen teils, der Serumtherapie folgend, Immunisierungsstoffe von den Parasiten selbst abgeleitet zur Verwendung gelangten, teils Mineralsalze benutzt wurden. Zur ersteren Richtung gehören die Versuche von Beauverie[1]), der mit *Botrytis cinerea* experimentierte, und von Ray[2]), der die ver-

[1]) Beauverie, J., Essai d'immunisation des végetaux contre les maladies cryptogamiques. Compt. rend. Paris 1901. II. p. 107. — Vgl. auch S. 28 O. Richter, Rankin.

[2]) Ray, J., Cultures et formes attenuées des maladies cryptogamiques. Compt. rend. Paris 1901. II. p. 307.

schiedenartigsten Parasiten in Angriff nahm und zu dem Resultate gelangte, daß die parasitären Organismen sich in künstlichen Kulturen durch das Nährmedium beeinflussen lassen. Dabei erweist sich ihre Virulenz stets geringer als unter natürlichen Verhältnissen. Durch Auslaugen der Kulturen lassen sich Flüssigkeiten gewinnen, die zur Immunisierung der Wirtspflanze des betreffenden Organismus verwendbar sind. Nun schließt der Autor weiter: die infizierten Pflanzen bilden doch eigentlich auch Kulturen des betreffenden Parasiten; mithin müssen sich durch Zerreiben und Extrahieren der erkrankten Pflanzenteile Flüssigkeiten gewinnen lassen, die eine Wirkung ähnlich der des Parasiten selbst auszuüben imstande sein werden. Wenn man sie durch erhöhte Temperatur modifiziert, kann man sie zum Immunisieren verwenden.

Als Vertreter der andern Richtung der Immunisierungsversuche ist besonders E. Marchal[1]) zu nennen, der mit Mineralsubstanzen arbeitete, die teils zu den Nährstoffen gehören, teils als Gifte anzusprechen sind. Er säte Salat in Sachsscher Nährlösung unter Zugabe pilztötender Stoffe aus. Die jungen Pflänzchen wurden nach Entwicklung der ersten zwei bis drei Blättchen mit Zookonidien von *Bremia Lactucae* infiziert und dann in feuchter Luft erhalten. Die nicht durch pilztötende Stoffe in der Nährstofflösung immunisierten Pflanzen wurden alsbald vom Pilze angegriffen. Von den verwendeten Salzen erwies sich eine Beigabe von drei bis vier Zehntausendsteln Kupfervitriol zur Nährlösung als deutlich resistenzerhöhend. Eine Beigabe von $^1/_{1000}$ Kupfervitriol zeigte keinerlei immunisierende Wirkung mehr. Mangansulfat wirkte weniger vollkommen, Eisenvitriol gar nicht. Auch Kalisalze (bis $^2/_{100}$) vermochten die Resistenz zu erhöhen, während Nitrate und merkwürdigerweise auch Phosphate sie verminderten.

Die Idee, durch Änderung des Zellsaftes mittels Zufuhr fremder Substanzen die Empfänglichkeit des Individuums gegen pflanzliche Parasiten zu vermindern, wurde auch von Zoologen aufgegriffen, die von der Erfahrung ausgingen, daß parasitäre Tiere, z. B. Schildläuse, namentlich gern geschwächte Pflanzen oder doch solche mit gestörtem Stoffwechsel aufsuchen (vgl. unten bei Honigtau usw.).

Nunmehr war auch der Gedanke nahegelegt, allgemeine Schwächezustände bei Konstitutionskrankheiten sowie Empfänglichkeitszustände parasitären Angriffen gegenüber dadurch zu heilen, daß man Salze bestimmter Art dem Pflanzenkörper extra-radikal zuführte. Diese nicht durch die Wurzeln besorgte Stoffaufnahme wurde „innere Therapie" genannt und methodisch ausgebildet.

Im Jahre 1894 veröffentlichte J. Schewyrjov[2]) einen Artikel: „Über die Durchtränkung des Holzes lebender Bäume mit Farbstofflösungen" und beschrieb dabei die von ihm dazu konstruierten Apparate, die wir hier als Nährröhre und Nährwanne bezeichnen. Die Röhre ist von Stahl, an einem Ende zugespitzt und wird mit diesem Ende in die Rinde eingetrieben, während das andere Ende derselben mittels eines Korkes verschlossen wird, durch dessen Mitte ein Bohrer hindurchgeht. Die Röhre wird durch besondere Öffnungen mittels eines Schlauches aus

[1]) Marchal, E., De l'immunisation de la laitue contre le meunier. Compt. rend. CXXXV. p. 1067. (1902.)

[2]) Iwan Schewyrjov, Berichtigung usw. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. 1904. S. 70. Vgl. auch oben S. 28 Fußn.

einem größeren Behälter mit der Versuchsflüssigkeit gefüllt. Hierauf wird der Bohrer langsam bis zu der gewünschten Tiefe in das Holz eingeführt, wobei in den so gebildeten Kanal unmittelbar nach dem Bohrer Flüssigkeit (nicht aber Luft) eintreten kann. Der Verfasser, der auch noch andere Apparate konstruiert hat, erwähnt hierbei die Versuche Hartigs, die den Nachteil hatten, daß Luft in die Wunde eintreten konnte. Er führt sodann Versuche an, die 1895, 1896 und 1901 in der Krim von Gartenbesitzern zur Heilung der Chlorose ausgeführt worden sind.

Später veröffentlichte Mokrzecki[1]) eine Anzahl nach derselben Methode ausgeführter, gelungener Versuche der Heilung der Chlorose an Obstbäumen, wobei er auch hervorhebt, daß die Schildläuse von den geheilten Zweigen verschwunden wären. Er sowohl wie Schewyrjov setzen große Hoffnungen auf dieses Verfahren nicht nur betreffs der Hebung konstitutioneller Ernährungsstörungen, sondern auch bezüglich der Vertreibung parasitärer Organismen (s. S. 28).

Sorauer stand der Frage kühler gegenüber und meinte, daß die Wirksamkeit der Methode eine sehr beschränkte sein wird. Nach seinen mit Giften ausgeführten Versuchen der Einführung von Lösungen in den Stamm bleibt die Wirkung immer lokal und strahlt von der Einführungsstelle im besten Falle auf eine Anzahl Äste und eine größere Stammstrecke hin allmählich aus. Die durch die Wurzelernährung bedingte Konstitution der Pflanze wird dadurch nicht verändert. Er sah bei seinen Versuchen mit Oxalsäure das Entstehen von Gummifluß an Kirschbäumen bei einer Anzahl von Ästen, die zum Teil später abstarben; aber im folgenden Jahre ging die Gummose nicht weiter, und die Bäume produzierten fernerhin wieder gesunde Triebe. Ebenso wie diese giftige Lösung wird auch jede Nährstoffmischung oder ein Heilserum auf enge Grenzen beschränkt bleiben und im besten Falle einen vorübergehenden guten Einfluß ausüben; aber die physiologische Arbeitsrichtung der ganzen Pflanze wird nicht dauernd verändert werden können.

7. Prädisposition und Immunität[2]).

Als „Prädisposition" bezeichnen wir diejenigen Zustände, welche gewisse Individuen leichter und schneller einer Krankheitsursache zugänglich machen als andere Individuen derselben Art.

Daß derartige Fälle existieren, ja sogar die Regel bilden, beweisen die täglichen Erfahrungen bei dem Massenanbau einer Kulturpflanze. Diese Erfahrungen haben im Sprachgebrauch bereits ihren Ausdruck gefunden, da wir von zarten und harten Varietäten und von verzärtelten Individuen sprechen. Die Beobachtungen zeigen, daß nicht nur die verschiedenen Kulturvarietäten derselben Pflanzenart, sondern auch die einzelnen Individuen derselben Varietät sowohl den Witterungsextremen, wie z. B. Kälte und Hitze, als auch parasitären Angriffen gegenüber eine verschieden große Widerstandskraft besitzen. In letzterer Beziehung genügt der Hinweis, daß die Praktiker und ebenso auch die wissenschaftlichen Forscher jetzt die Forderung aufstellen, widerstandsfähigere Varietäten zu züchten.

In welcher Weise eine größere individuelle Geneigtheit, einem parasitären Angriff zu erliegen, zustande kommt, darüber sind wir vorläufig

[1]) Mokrzecki, S. A., Über die innere Therapie der Pflanzen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. 1903. S. 257. — [2]) Vgl. auch Henning, E., in Svensk Land. 1919.

nur in der Lage, die Richtung anzudeuten. Wir haben in den vorigen Abschnitten bereits der Untersuchungen gedacht, welche zeigen, wie für bestimmte Myzelpilze einzelne Stoffgruppen, die in der Pflanzenzelle produziert werden, wie z. B. Zucker, in gewisser Konzentration anlockend, in anderer repulsiv wirken. Die Menge dieser Stoffgruppen wird von den verschiedensten Faktoren bestimmt, wie wir im nächsten Kapitel noch eingehender zeigen wollen. Je nachdem nun die Quantität derartiger Stoffwechselprodukte groß oder klein ist, wird sie für die Ernährung eines Parasiten sich begünstigend, im andern Falle aber ungeeignet erweisen.

Um in dieser Beziehung wenigstens ein Beispiel hier anzuführen, verweisen wir auf die Untersuchungen von Viala und Pacottet[1]) über die Blackrot-Krankheit des Weinstocks. Die mit dem die Krankheit erzeugenden Pilze *Guignardia Bidwellii* unternommenen Kulturen stellten fest, daß die Entwicklung des Pilzes in erster Linie vom Gehalte des Nährsubstrats an Zucker und organischen Säuren abhängig ist. Nur junge Blätter wurden infiziert; sie enthielten 1,75% Weinsäure und 4,3% Glukose, während die alten Blätter nur Spuren der genannten Stoffe erkennen ließen. Die Beeren waren von der Zeit an empfänglich, wo sie zu schwellen begannen, und diese Empfänglichkeit hielt bis zum Beginn des Reifestadiums an. Während dieser Zeit besaßen sie 32 bis 24% Säure und 11 bis 56% Zucker. Während der Reife sinkt der Säuregehalt auf 9 bis 2%; der Zuckergehalt steigt aber dabei so bedeutend, daß nunmehr der Pilz die Beeren nicht anzugreifen vermag. Mit dem Weißfäulepilz verhält es sich dagegen gerade umgekehrt. Aus diesem Verhalten erklärt sich die auffällig verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen Rebsorten. Ebenso erklärt sich der Umstand, daß Blackrot-Epidemien im Sommer nach Kälteperioden mit nachfolgenden leichten Regenfällen aufzutreten pflegen. In dieser Zeit ist nämlich der Säuregehalt besonders groß und die Zuckerbildung gering.

Ähnliche Schwankungen in der Konzentration des Zellsaftes bilden im Verein mit den Lockerungserscheinungen der Membranen, den wechselnden Spannungsvorgängen in den Geweben und andern mechanischen Veränderungen auch die Zustände größerer Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Witterungsextreme; und die neuere Forschung ist bemüht, immer mehr makro- und mikroskopische Merkmale aufzufinden, welche die Stadien größerer Hinfälligkeit auch schädlichen parasitären Angriffen gegenüber charakterisieren.

Die in dem vorliegenden Beispiele geschilderten Zustände der gesteigerten Neigung des Weinstocks, dem Blackrot-Pilze zugänglich zu sein, sind ganz normale Entwicklungsphasen, die von der Witterung beeinflußt werden, und wir dürfen daher solche Zustände als normale Prädisposition ansprechen. Dieser gegenüber wäre als abnorme Prädisposition der Fall zu unterscheiden, bei welchem die Pflanze oder ein Organ derselben durch andere Einflüsse bereits in einen Zustand der Schwäche oder des Siechtums geraten ist und in dieser Verfassung erst einer Krankheitsursache die gewünschte Angriffsfläche bietet. Als Beispiel erinnern wir an die Besiedlung honigtaukranker Blätter durch die Schwärzepilze, an die Angriffe der sogenannten Schwächeparasiten und die Einwanderung holzzerstörender Schwämme von Wundflächen aus.

[1]) Viala, P., et Pacottet, Sur la culture du black-rot. Compt. rend. Paris. CXXXVIII. S. 306. (1904.)

Zu den Schwächeparasiten im weiteren Sinne gehören sicher die große Masse der pilzlichen Schmarotzer, auch der epidemisch auftretenden. Die Art der vorangegangenen Schwächung, die es dem Parasiten ermöglicht, seines Scharfrichteramtes an der Kulturpflanze zu walten, kann sehr verschiedener Natur sein; in den folgenden Abteilungen wird dies ausführlich behandelt werden. Auf ein besonders schlagendes Beispiel sei hier hingewiesen: Möller[1]) hat bei seinen Untersuchungen über den Kiefernwurzelpilz (*Polyporus annosus* [*Trametes radiciperda*]), der namentlich in den Heidegebieten alljährlich Tausende von Kiefern vernichtet, mehrere Hundert verschiedene Infektionsversuche an gesunden Kiefern in jeder erdenklichen Form angestellt, ohne eine Erkrankung zu erzielen. Es müssen also die z. T. sehr energischen Schwächungen und Störungen in den künstlichen Heidewäldern, namentlich die des Luftabschlusses, von denen später die Rede ist, vorangegangen sein, um dem Pilz das Eindringen und seine verheerende Wirkung zu ermöglichen. Der Herausgeber ist nach seinen Beobachtungen in der Heide der Überzeugung, daß die Infektion des Wurzelpilzes durch die krankhaft deformierten, in trockenen Zeiten zusammenfallenden, in feuchten erweichenden Ersatzlenticellen der stets Zucker führenden, nie ausreifenden Pflanzen geschieht.

Wir haben in einem früheren Kapitel bereits hervorgehoben, daß Sorauers Anschauungen über das Zustandekommen parasitärer Erkrankungen eine Unterstützung von berufenster Seite erfahren haben. Metschnikoff[2]), als Professor am Pasteurschen Institut für Infektionskrankheiten wohl unbestritten genauer Kenner der pathogenen Mikroorganismen, äußerte sich folgendermaßen: „. . . Exakte bakteriologische Untersuchungen haben zu dem Resultat geführt, daß innerhalb der reichen Bakterienflora, welche der gesunde Mensch beherbergt, sich auch oft die Vertreter der pathogenen Bakterienarten finden. Abgesehen von dem Diphtheriebazillus und dem Cholera-Vibrio, welche ja so häufig vollvirulent bei ganz gesunden Menschen nachgewiesen worden sind, hat es sich gezeigt, daß gewisse pathogene Mikroorganismen, der Pneumokokkus, die Staphylokokken, Streptokokken und Coli-Bazillen, sich regelmäßig oder fast stets in der Mikrobenflora des gesunden Menschen vorfinden.“

Diese Entdeckung hat mit Notwendigkeit zu der Folgerung führen müssen, daß außer dem Krankheitserreger noch eine zweite Ursache für die Infektionskrankheiten besteht, nämlich die Disposition oder der Mangel an Immunität. Ein Individuum, welches eine der genannten pathogenen Bakterienarten beherbergt, betätigt gegenüber denselben eine dauernde oder vorübergehende Widerstandsfähigkeit. Aber sobald die Ursache dieser Immunität schwindet, ergreift der Krankheitserreger die Oberhand und ruft die spezifische Erkrankung hervor.

Betreffs der Immunität der Pflanzen erinnert Metschnikoff an die von uns bereits erwähnten Untersuchungen von de Bary)[3] über *Botrytis*, deren Myzel die Zellwände zu durchbohren imstande ist, weil es eine Flüssigkeit absondert, „welche ein verdauendes Ferment und die für dies Ferment notwendige Oxalsäure enthält. Das Vorhandensein dieser Art von Toxin konnte de Bary in der Mazeration des Myzels der *Sclerotinia*

[1]) Möller, Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen. XXXVI. (1904.) S. 677ff.
[2]) Metschnikoff, Immunität bei Infektionskrankheiten. Jena 1902. S. 6.
[3]) De Bary, Bot. Zeit. 1866.

nachweisen . . . . Erhitzt man den Saft auf 52°, so vermag er die Zellulosemembran nicht mehr zu verdauen, ist jedoch noch imstande, Plasmolyse hervorzurufen . . . . Die Resultate von de Barys Untersuchungen sind durch Laurent[1]) bestätigt und zum Teil vervollständigt worden."

Wir haben diese Tatsachen mit den Worten Metschnikoffs wiedergegeben, um dessen Anschauungsweise zu charakterisieren. Der hier in Betracht kommende Hauptfaktor, nämlich die Wirksamkeit des Fermentes gegen jugendliche, seine Unwirksamkeit gegen alte Membranen, gibt dem Verfasser Veranlassung zu dem Vergleich der Botrytis-Erkrankungen mit den Kinderkrankheiten bei Menschen (Masern, Scharlach). Ähnlich den Membranveränderungen bei dem Altern der Zellen wirken in andern Fällen die verschiedenen Verkorkungs- und Korkbildungsprozesse, wie sie beispielsweise bei Wunden gefunden werden. Betreffs dieser hebt Metschnikoff, gestützt auf Untersuchungen von Massart[2]) hervor, daß die Organe je nach ihrem Alter verschieden auf den traumatischen Reiz antworten. Junge Blätter von *Clivia* z. B. reagieren durch Kallusbildung, ältere mit einfachem Wundschluß durch eine Korklage. Weitere Schutzmittel bilden Öle, Harze, Balsame, Milchsäfte und Gummiharze, die bei Verwundungen austreten.

Eingehend behandelt der Verfasser die Studien von Laurent[3]), welche im zweiten Teile dieses Werkes bei den Bakterien sich wieder erwähnt finden. An dieser Stelle wollen wir aber die Immunitätsvorrichtungen gegen bakterielle Angriffe besonders betonen. Die Art des Coli-Bazillus, mit der Laurent arbeitete, scheidet ein die Zellulose der Kartoffelknollen lösendes Ferment aus und produziert anderseits einen alkalisch reagierenden Saft, dessen Anwesenheit zum Zustandekommen der Verdauung seitens der Bakterien nötig ist. Nun ist zwar *Bacillus coli communis* von Natur aus kein Pflanzenparasit; er läßt sich aber in einen solchen verwandeln. Dies geschieht, indem man ihn zuerst auf Kartoffeln kultiviert, deren Widerstandskraft durch Eintauchen in alkalische Lösungen geschwächt ist, und ihn dann auf dieselbe Kartoffelsorte überträgt. Der Kampf zwischen Coli-Bazillus und Kartoffel beruht also eigentlich auf der chemischen Wirkung der alkalischen Sekrete des ersteren gegen den sauren Zellsaft der Kartoffel. Nach einer Düngung mit Kalisalzen und Phosphaten widerstanden Möhren und Kartoffeln dem Bazillus. Dagegen zeigte eine Phosphatdüngung bei Topinambur, daß diese nun empfindlicher gegen einen Myzelpilz, die Botrytis-Form der *Sclerotinia Libertiana*, wurde.

Ebenso deutlich zeigt sich der Einfluß starker Stickstoffdüngung in einer Verminderung der Widerstandsfähigkeit der Kartoffeln nach Sorauers Beobachtungen gegenüber der Naßfäule. Reichliche Düngung mit Nitraten, Ammoniaksalzen oder Stallmist läßt selbst die widerstandsfähigsten Sorten der Kartoffelfäule erliegen. Laurent erklärt sich das verschiedenartige Verhalten der Parasiten gegenüber derselben Düngung dadurch, daß bei den Bakterien das ausgeschiedene Ferment die Zellmembran nur in alkalischen oder schwachsauren Säften anzugreifen vermag. Eine gesteigerte Azidität des Zellsaftes, wie solche durch die Bil-

[1]) Laurent, Annal. de l'Institut Pasteur. XIII, p. 44.
[2]) Massart, La cicatrisation chez les plantes. Brüssel 1897.
[3]) Laurent, Recherches expérimentales sur les maladies des plantes. Annal. de l'Inst. Pasteur. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkr., X. 1900. S. 29.

dung saurer Salze infolge der Phosphatdüngung angeregt wird, macht die Pflanze diesen Spaltpilzen gegenüber nun immun. Dieselben Ergebnisse betreffs der schützenden Wirkung der Phosphorsäure erhielt Sorauer bei Düngungsversuchen mit Zuckerrüben, bei denen *Bacillus Betae* stark verbreitet war und die bakteriose Gummosis oder Schwanzfäule hervorrief. Das Überhandnehmen der Bakteriosen bei reichlicher Anwendung von stickstoffhaltigen Düngemitteln ließe sich in der Weise erklären, daß die Azidität des Zellsaftes dadurch verringert wird. Für die *Sclerotinia* liegen die Verhältnisse (nach de Bary) gerade umgekehrt. Das Ferment derselben verdaut die Zellmembran nur in saurer Flüssigkeit. Ähnlich dürften sich die meisten Myzelpilze verhalten.

Howard[1]) ist durch langjährige Untersuchungen in Indien zu der Überzeugung gekommen, daß der Befall von Kulturpflanzen durch pilzliche und tierische Parasiten resp. die Widerstandsfähigkeit gegen dieselben Krankheiten vorzugsweise von der Durchlüftung (vgl. unten bei ungünstige Bodenstruktur!) und von der Temperatur des Erdbodens beeinflußt werden.

Wenn uns in den vorliegenden Beispielen in der wechselnden Beschaffenheit des Zellsaftes bald ein Immunitätsfaktor, bald ein zu parasitärer Erkrankung disponierender Umstand entgegentritt, so werden wir durch Metschnikoff (a. a. O. S. 30) auf einen weiteren Vorgang hingewiesen. Er zitiert die Untersuchungen von van Rysselberghe[2]), der namentlich bei Epidermiszellen von *Tradescantia* fand, daß dieselben, in eine konzentriertere als die bisher gewohnte Lösung gebracht, eine Steigerung des intrazellularen Druckes zeigten; bei dem umgekehrt angestellten Versuch nimmt der Druck ab. Diese Veränderungen des osmotischen Druckes werden durch die Verschiedenheit der Konzentration des Zellsaftes verursacht, und diese ist wiederum als die Folge chemischer Veränderungen anzusehen. Kommt die Zelle mit einer zu hoch konzentrierten Lösung in Berührung, so bildet sie Oxalsäure, welche stark osmotisch wirkt. Im normalen Safte wies van Rysselberghe bei *Tradescantia* Apfelsäure und nur in seltenen Fällen Spuren von Oxalsäure nach. Nach mehrtägigem Liegen des Pflanzenteils in stark konzentrierter Rohrzuckerlösung fand sich Oxalsäure in deutlich wägbaren Mengen. Demnach paßt sich die Pflanze der höhern Konzentration ihres Mediums an und produziert Oxalsäure, um den Druck des Zellsaftes zu steigern. Vermutlich hat sich die Säure auf Kosten des Traubenzuckers gebildet. Der gesteigerte Säuregehalt wird als Schutzmittel gegen bakterielle Angriffe wirken; er wird seitens mehrerer Forscher auch als Abwehrmittel gegenüber den Angriffen von Schnecken und Blattläusen gedeutet.

Sehr bedeutsam erscheinen uns die Versuche mit *Tradescantia* in umgekehrter Richtung. Wenn man Gewebe dieser Pflanze aus einer hochkonzentrierten Lösung in eine stark verdünnte brachte, so wurden im Zellsaft Niederschläge von Kalziumoxalatkristallen beobachtet, wodurch eine Verminderung des osmotischen Druckes eingeleitet wurde. Bei dem Zurückbringen des Pflanzenteils in eine stärkere Lösung sah man infolge erneuter Säurebildung die Oxalatkristalle sich wiederum lösen.

---

[1]) Howard, A., Einfluß der Bodenfaktoren auf die Wiederstandsfähigkeit gegen Krankheiten. Ann. of appl. Biol. VII (1921) S. 373—389.

[2]) Osmotische Reaktion der Pflanzenzellen. Mémoires couronnés de l'Academie r. d. Belgique. Brüssel 1899.

Sorauer sah bei dem Austreiben der Kartoffelknollen einen Teil des Kalziumoxalatsandes verschwinden, was wohl auch der gesteigerten Säurebildung zugeschrieben werden darf.

Die Selbstregulierung des Säuregehaltes behandelt auch Pfeffer[1]), indem er darauf aufmerksam macht, daß durch die an Basen gebundenen organischen Säuren doch vielfach der Turgor erzeugt wird. Da sich derselbe während und nach dem Wachstum konstant erhält, muß mit der Volumzunahme der Zelle und der dadurch erzielten Verdünnung des Zellsaftes die Säurebildung in entsprechendem Maße beschleunigt werden. Jede außergewöhnliche Turgorsteigerung, wie z. B. bei dem Arbeiten gegen Widerstände, wird dementsprechend eine Vermehrung der Säureproduktion in sich schließen. Umgekehrt ist z. B. bei Crassulaceen eine Verminderung des Säuregehaltes bei Temperaturerhöhung und durch die Beleuchtung nachgewiesen worden. Gleichsinnig mit diesen Resultaten sind die von Charabot und Hébert[2]) erlangten. Im Schatten wuchs die Menge der zusammengesetzten organischen Säuren sehr wesentlich. Auch die freien flüchtigen Säuren erfahren eine Steigerung. Der Gehalt an diesen ist in etiolierten Pflanzen größer als in andern. Die Unterdrückung der Infloreszenzen vermehrt ihn in den Blättern auf Kosten der andern Organe.

Für unsere Betrachtungen über die Prädisposition und Immunität haben wir als Beispiel außer dem Säuregehalt noch den Zuckergehalt herbeigezogen. Welchen Schwankungen derselbe schon durch den Temperaturwechsel ausgesetzt ist, geht am besten aus den von Pfeffer (Physiologie I, S. 514) zitierten Untersuchungen von Fischer[3]) hervor. Bei den sogenannten Stärkebäumen, wie Linde und Birke, sieht man bei dem Überführen von Zweigen im Winter aus dem Freien in das warme Zimmer, daß sich binnen wenigen Stunden in der Rinde Stärke bildet, aus der in der Kälte wieder Zucker entsteht. Durch den Wechsel der Temperatur läßt sich diese Umwandlung wiederholt herbeiführen. Eine derartige Zuckerbildung scheint bei vielen Pflanzen durch Temperaturerniedrigung einzutreten. Wenn nun durch irgendwelche Ursachen der aus der Stärke gebildete Zucker aus einem Organ abgeführt wird, kann das gesamte Gewebe verarmen. Einen Beweis dafür liefert Pfeffer durch die in seinem Institut ausgeführten Versuche von Hansteen[4]) und Puriewitsch[5]). Es gelang nämlich, durch dauernde Entführung des diosmierenden Zuckers die isolierten Endosperme von Gräsern sowie die abgetrennten Kotyledonen von *Phaseolus* usw. zur Entleerung der Stärke, die einzelne Zwiebelschuppe von *Allium cepa* zur Abgabe der Glykose zu bringen. Wenn nur wenig Wasser vorhanden war, in das der Zucker aus den Organen übergehen konnte, trat alsbald Stillstand in der Entleerung ein, weil schon eine zwei- bis dreiprozentige Zuckerlösung die Stärkeumwandlung sistiert. Es muß also viel Wasser vorhanden sein oder sonstige Ableitung sich bieten, wenn die Entleerung vollständig sein soll. Wurde die Zuckerlösung noch konzentrierter den Organen dar-

[1]) Pflanzenphysiologie, II. Aufl., I. S. 487.
[2]) Charabot, Eug., et Hébert, Recherches sur l'acidité végétale. Compt. rend. hebd. CXXXXVIII, 1714. 1904.
[3]) A. Fischer, Jahrb. f. wiss. Bot. XXII, 1891. S. 73—160.
[4]) Hansteen, Flora, LXXIX, 1894. Ergänzungsband.
[5]) Puriewitsch, Ber. d. Deutsch. bot. Ges., XIV, 1896. S. 207.

geboten, konnte umgekehrt eine Wiederanfüllung derselben mit Stärke festgestellt werden.

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, wie im Pflanzenleibe sämtliche Stoffwechselvorgänge und infolge derselben sämtliche Aufbauprozesse beständigen quantitativen Änderungen unterliegen, die von dem ersten Angriffspunkte eines die Änderung veranlassenden Faktors nach allen Seiten hin ausstrahlen. Jede lokal auftretende Änderung ist eine Störung des bisherigen Gleichgewichtszustandes in der molekularen Lagerung. Wenn die Störung sich in einer Zelle vollzieht, muß sie, soweit diffusible Stoffe in Betracht kommen, sich in die Nachbarschaft fortpflanzen, wie alle dynamischen Vorgänge.

Jeder Ort, an dem ein Neubau sich vollzieht, ist ein Verbrauchszentrum; die Stoffzufuhr nach dem Neubau führt zur Entleerung anderer Örtlichkeiten. Jede lokale Steigerung in der Photosynthese übt ihre Wirkung auf die zunächst unbeteiligte Umgebung aus. — Und nun wirken ununterbrochen die einzelnen Wachstumsfaktoren auf den Pflanzenleib ein und stören die augenblickliche Gleichgewichtslage bald in dieser, bald in jener Richtung. Wir haben also ein fortwährendes Hin- und Herfluten aller Lebensvorgänge vor uns, das noch verstärkt wird durch die eigne Reaktionsfähigkeit des Individuums. Denn wir dürfen nicht vergessen, daß der Organismus zur Herstellung des gestörten Gleichgewichts bemüht sein wird, seine Produktion an einzelnen Stoffen zu steigern. Wenn sich z. B. eine durch die Ernährung bedingte Vermehrung basischer Verbindungen einstellt, wird ein erhöhter Säuregehalt herbeigeführt werden müssen, und umgekehrt. Und innerhalb dieser notwendig sich ergebenden fortdauernden Schwankungen liegen die Zustände, die wir als normale Prädisposition bezeichnen. Dabei kann derselbe Zustand, der ein Hinfälligkeitsstadium einer bestimmten Krankheitsursache gegenüber darstellt, einer andern Erkrankungsursache gegenüber sich als Immunitätsstadium betätigen. Beweise dafür bieten die angeführten Beispiele einer Hyperazidität des Zellsaftes, die immunisierend gegenüber gewissen Bakterienangriffen und prädisponierend für Myzelpilze sich erwiesen hat. In dem vermehrten Zuckergehalt, verbunden mit dem turgorsteigernden Einfluß der Säure, erkennen wir einen prädisponierenden Zustand für Frostbeschädigungen und anderseits ein Vorbaumittel gegen die störenden Einwirkungen der Trockenheit usw.

Wir haben also in der ganz natürlichen Entwicklung des Organismus fortwährend Prädispositions- und Immunitätszustände vor uns. Dieselben sind in jedem Individuum in verschiedenem Grade vorhanden, da jeder Organismus spezielle Ernährungsverhältnisse hat und dieselben Wachstumsfaktoren verschieden verwertet. Daraus erklärt sich die Erscheinung, daß einzelne Individuen mitten in einer Gesamtheit derselben Art erkranken oder umgekehrt mitten in einem Erkrankungszentrum gesund bleiben.

In neuester Zeit sind in Amerika und Europa zahlreiche Arbeiten über Immunität und namentlich über immune Varietäten erschienen. Wawilow[1]) unterscheidet eine mechanische oder passive und eine physiologische oder aktive Immunität. Bei der ersteren verhindern,

[1]) Wawilow, N. Immunität der Pflanzen gegen Infektionskrankheiten. Moskau 1919. Mit 1 Taf. u. 6 Abb. (Russisch mit englischem Resümee. Dort auch Literatur!) Vgl. auch Journ. of Genetics 1914 u. Morstatt in Zeitschr. f. Pflzkrkh. XXXII S. 115—118 (1922).

wie oben beschrieben, besondere Eigenschaften im Bau oder Wachstum der Pflanzen das Eindringen der Parasiten, während bei der zweiten innere enzymatische Reaktionen den Parasiten zurückhalten. Über die Erblichkeit der Immunität ist neuerdings eine umfangreiche Literatur entstanden[1]).

8. Erblichkeit der Krankheiten und der Prädisposition.

In den letzten Jahrzehnten sind von einer größeren Anzahl bedeutender Forscher weitere Versuche gemacht worden, das Wesen der Erblichkeit theoretisch zu erklären. Man hat dabei als Träger der Vererbungsfähigkeit die jugendlichsten Zustände, das ,,embryonale Plasma", besonders ins Auge gefaßt und zum Teil in den Zellkernen eine Substanz gesucht, welche als bevorzugter Träger der Vererbungsfähigkeit anzusprechen wäre.

Die erwähnten Hypothesen der Biologen wurden besonders zur Erklärung der Wiederholung der Gestaltungsvorgänge in den aufeinanderfolgenden Generationen der Organismen aufgestellt. Wir erinnern nur an die Darwinschen ,,Gemmulae", an die ,,Plastidulen" von Haeckel, an das ,,Keimplasma" von Weisman, an ein Ahnenplasma, an das Idioplasma von Nägeli, an die Pangene von de Vries usw.

Nach Sorauers Auffassung bedarf es zur Erklärung des Erblichkeitsvorganges weder einer besondern Lokalität, wie etwa der embryonalen Zellen, noch einer besondern Keim- oder Erbmasse oder eines Ahnenplasmas; denn die Erblichkeit ist ein ,,mechanisches Muß", eine notwendige, überall vorhandene mechanische Folge der Struktur der organischen Substanz.

Sobald man die organische Substanz ebenso wie die anorganische als eine Atomvereinigung betrachtet, die ihren Charakter, also ihre spezifischen Eigentümlichkeiten dadurch erhält, daß die Atome in den Molekülen in verschiedenartiger Lagerung und Schwingungsform sich vorfinden, dann stellt alle Substanz den Gleichgewichtszustand bestimmter Bewegungsformen dar. Wenn man auch nicht die unzähligen Kombinationen der molekularen Schwingungen präzisieren und nicht die aus den verschiedenen Lagerungsverhältnissen sich ergebenden Spannungen und anderweitigen mechanischen Folgen konstruieren kann, so darf man doch jeden organischen Aufbau als die Folge einer Summe ganz bestimmter, einander bedingender Kombinationen molekularer Bewegungen bezeichnen.

Demgemäß ist das Plasma einer Birne zwar ein Plasma, dessen einzelne Mizellen die molekularen Schwingungsformen der plasmatischen Substanz im allgemeinen aufweisen, aber doch spezifische Schwingungs- und Lagerungsverhältnisse besitzen, welche sie von den gleichsituierten

[1]) Vgl. u. a. Kirchner, O., Die Grundlagen der Immunitätszüchtung, Jahrb. Dt. Landw.-Ges. XXX, S. 267—283 (1921). — Mac Rostie, G. P. Genetische Untersuchungen des Merkmals ,,Widerstandsfähigkeit gegen Anthrakose, Mosaikkrankheit und Wurzelfäule" bei Phaseolus vulgaris. Journ. of Amer. Soc. Agron. XIII S. 15—33 (1921). — Gaines, F. F., Erblichkeit des Merkmales ,,Steinbrand Resistenz" bei einigen Weizenkreuzungen. Ebendort XII S. 124—132 (1920). Beide vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXII 119, resp. 132 (1922). — Hayes, H., Parker, I., u. Kurtzweil, C., Genetics of rust resistance in crosses of varieties of Triticum vulgare with varieties of Tr. durum and Trit. dicoccum. Journ. of Agric. Research XIX, S. 523—546, 6 Taf. (1920) — Garber, R. I., Untersuchungen über das Merkmal ,,Rostwiderstandsfähigkeit" bei einigen Haferkreuzungen, Journ. of. Amer. Soc. Agron. XIII S. 41 ff (1921). — Peuckert, Pfirsichsorten und Kräuselkrankheiten. Lehrm. in Garten und Kleintierh. 1921 S. 391 vgl. auch Landini, L., Bull. R. Soc. Toscana d. Orticolt. XLV S. 69f (1920).

Mizellen des Apfelplasmas unterscheiden. Also in jedem kleinsten Teilchen, in jedem Biogen irgendeines organischen Individuums ist ein individueller Charakter zu finden, der als der Ausdruck einer Summe bestimmter Bewegungsformen infolge des Beharrungsvermögens konstant bleiben muß.

Diese Beständigkeit ist eine mechanische Notwendigkeit; denn eine jede Bewegung verharrt in der vorhandenen Form so lange, bis eine andere Kraftäußerung sie modifizieren wird, und jede Substanz, die doch der Ausdruck und Träger der Bewegung ist, verharrt in ihrer Form und ihren Merkmalen, bis andere Einwirkungen molekulare Umänderungen veranlassen[1]).

Wenn wir z. B. vom Protoplasma sprechen, müssen wir uns bewußt werden, daß wir damit nicht eine einheitliche, chemisch fest charakterisierte Substanz, sondern eine große, zahlreiche Formen enthaltende Stoffgruppe bezeichnen. Dasselbe gilt für Zellulose, Zucker, Gerbsäure usw. usw.

Die Annahme so zahlreicher Substanzvariationen, wie es Individuen gibt, verliert das Befremdliche, sobald wir uns erinnern, daß wir täglich die gleiche Anzahl Gestaltsvariationen um uns sehen; denn tatsächlich gleicht doch kein Individuum vollständig einem andern.

Wenn aber jedes Biogen eine spezifische Einheit ist, so behält es (immer unter der Voraussetzung, daß kein von außen kommender Stoß seine Molekulargruppierung ändert) seinen Charakter bei, gleichviel wo es im Pflanzenkörper seinen Platz hat, und ob es als Zelluloseform oder als somatisches oder embryonales Plasma auftritt; denn alle diese Substanzen sind ja nur auseinander hervorgehende Gruppierungsformen. Die Biogene, welche bei dem Aufbau des Embryo, also dem Anfang der neuen Generation, Verwendung finden, bringen somit die Schwingungsformen, die sie repräsentieren, in dem neuen Individuum so gut zum Ausdruck wie in dem alten. Dieses Beibehalten der molekularen Bewegungsform in der neuen Generation ist Erblichkeit. Und wir sind auch keineswegs erstaunt, aus dem Mohrrübensamen wieder Mohrrübensubstanz hervorgehen zu sehen. Wir sind auch nicht erstaunt, aus der zuckerreichen Karotte wieder eine Karotte und nicht eine stärkereiche Futtermöhre entstehen zu sehen. Es übertragen sich somit auch diejenigen Substanzkombinationen, welche die charakteristischen Eigenschaften unserer Kulturvarietäten darstellen. Wenn wir im praktischen Betriebe die beiden genannten Möhrenvarietäten nebeneinander anbauen würden, hätten wir Gelegenheit zu beobachten, daß bei Eintritt gewisser Frostgrade die Karotten anfrieren, während die Futtermöhren noch unbeschädigt bleiben.

Die Kälteempfindlichkeit der Substanz einzelner Varietäten derselben Art ist das leichtest zu beobachtende Beispiel der Erblichkeit solcher Eigenschaften, welche eine Prädisposition für Erkrankungen darstellen. Jeder Obstzüchter ist imstande, Obstsorten zu nennen, die bei ihm durch den Frost beschädigt werden, während andere, daneben-

[1]) Diese Anschauung von der Spezifität eines jeden Biogens von jeglichem Organismus hat bereits Noll ausgesprochen, indem er angibt, daß die Eizelle einer Linde in ihrer Totalität eben schon eine Linde ist und nichts anderes sein und werden kann. — Noll, Beobachtungen und Betrachtungen über embryonale Substanz. Biolog. Zentralblatt, XXIII, Leipzig 1903, S. 325.

stehende Sorten gesund bleiben. Unter den Sommerblumen zeigen sich dieselben Verhältnisse, und bei den Getreidearten ist es eine allgemeine Erfahrung, daß z. B. unter den Weizensorten die Squarehead-Formen am leichtesten auswintern.

Dieselbe verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen Kulturvarietäten finden wir auch andern Krankheitsursachen gegenüber, wie zum Beispiel gegen Wärmeüberschuß und Trockenheit, gegen Wasserüberschuß usw. An den Kulturvarietäten ist ungemein viel zu lernen, und ihr Studium verdient größere Beachtung, als ihm bisher zuteil geworden ist.

So liefert die Kultur uns eine Zierpflanze, den Hahnenkamm (*Celosia cristata*), der einen Stengel besitzt, dessen Vegetationsscheitel eine breite, mannigfach gewundene Fläche darstellt. Diese bandartig breite Umformung des ursprünglich zylindrischen Stengels (fasciatio) ist samenbeständig geworden. Die gefüllten Blüten erhalten sich von einer Generation zur andern. Schwächliche oder einseitige Ausbildung von Sexualorganen kann zur erblichen Eigenschaft werden, wie z. B. bei der schwarzen Johannisbeere, manchen *Acer* usw.

Aus solchen Beispielen erkennt man, welch tiefgreifende Abänderungen vom gewohnten Entwicklungsmodus durch den Samen übertragbar werden. Jede Abänderung bedeutete einen Stoß auf eine bisherige Eigenschaft, der so stark gewesen ist, daß er dieselbe dauernd zu erschüttern vermochte. Die Eigenschaften des Organismus besitzen eine verschieden große Stabilität, d. h. die Bewegungsform, die sie repräsentieren, ist manchmal durch einen schwachen Stoß zu irritieren, während sie in andern Fällen durch die stärksten Eingriffe der umgebenden Wachstumsfaktoren nicht verändert werden kann. Zu den äußerst locker fixierten Eigenschaften gehören die Blütenfarbe, der Wasser- und Zuckergehalt, die Größenverhältnisse der Organe, die schon mit dem Standort wechseln können. Am schwersten zu erschüttern sind die Stellungsverhältnisse der Organe und die Zusammensetzung der Biogene, d. h. der Substanztypus, welcher eben die Substanz eines Weinstockes oder eines Birnbaumes als solche unterscheidbar von der anderer Pflanzen machen. Als unerschütterlich ist keine Eigenschaft eines Organismus anzusehen; aber eine Anzahl Eigenschaften werden sich von Generation zu Generation in der bisherigen Form erhalten, weil kein Stoß von genügender Stärke zurzeit vorhanden ist, der an ihnen rüttelt. Diejenigen Eigenschaften aber, welche den in der Jetztzeit vorhandenen Faktoren zugänglich sind, werden je nach der Kräftigkeit des Eingriffs den Stößen erliegen und sich ändern können, und diese Änderungen sind, eben weil sie molekulare Umlagerungen bedeuten, als Schwingungsformen so lange infolge des Beharrungsvermögens konstant, bis neue Stöße eine neue Bewegungsrichtung einleiten. Sie erhalten sich auch in der Organform, die wir Samen nennen, und müssen demgemäß in dem neuen Individuum sich fortsetzen, also erblich sein. Es werden mithin auch zweckwidrige Zustände, also solche, welche die Abkürzung der Lebensdauer des Individuums einleiten, wie z. B. geringere Festigkeit der Substanz, erblich sein, und in diesem Sinne wird man mit einer Erblichkeit der Krankheiten und der zu einer Erkrankung besonders geneigt machenden Zustände (Prädisposition) rechnen müssen.

Neben der Übertragung derartiger physiologischer, eine Erkrankung fördernder Eigenschaften des Wirtsorganismus von einer Generation auf

die andere ist in neuerer Zeit noch die Möglichkeit einer Vererbung von Parasiten durch die Samen der Wirtspflanze diskutiert worden. Eriksson[1]), einer der hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Rostkrankheiten, beschreibt in seinen Arbeiten eine Anzahl Zustände bei rostigen Getreideblättern, welche ihn zu der Ansicht geführt haben, daß bei den Rostpilzen embryonale Entwicklungsstadien existieren, in denen die Pilze als nacktes Plasma (Mykoplasma) mit dem Plasma der Wirtszelle vereinigt auftreten. Derartige symbiontische Zustände sollen bei der Ausbildung des Samens vorhanden sein und als ruhender Keim der Rostkrankheit in der nächsten Generation sich vorfinden. Bei Witterungsverhältnissen, welche der Pilzentwicklung günstig sind, käme dann die Rosterkrankung durch die erblich übernommenen mykoplasmatischen Anlagen in der bisher bekannten Form zum Ausbruch.

Die außerordentliche Schwierigkeit der Frage betreffs der Existenz von Parasiten in einem Mykoplasmastadium hat bisher verhindert, ein festes Urteil über die Erikssonschen Ansichten zu gewinnen. Wenn auch die Möglichkeit mykoplasmatischer Zustände zugegeben werden muß, glauben wir persönlich doch, daß die sicherlich richtigen Beobachtungen von Eriksson auch noch eine andere Deutung zulassen, da die geschilderten Formen bisher immer nur in der Nähe ausgebildeter normaler Sporenlager gefunden worden sind.

9. Degeneration[2]).

In praktischen Kreisen begegnet man oft der Angabe, daß unsere Kulturpflanzen degenerieren, d. h. in der Quantität und Qualität ihres Ertrages nachlassen und in einzelnen Varietäten schließlich aussterben. Unter dieser „Degeneration" werden aber ganz verschiedene Dinge verstanden: die allgmeine Erkrankung rein vegetativ vermehrter „Sorten", wie etwa bei einer Gartenform der Birne oder der Rosen, die nur durch Veredlung fortgepflanzt werden, bzw. auch einer nur durch die Knollen fortgepflanzten Kartoffel, dann aber auch das „Entarten" von Getreiderassen u. a. stets durch Wiederaussaat, also durch geschlechtliche Fortpflanzung, vermehrter Formen. Der Tod der erstgenannten, oft lange gepflegten Kulturformen, der meist gleichzeitig an den verschiedensten Örtlichkeiten eintritt, ist auf Altersschwäche[3]) zurückzuführen. Die Sorten unserer Obstbäume, die durch Veredlung fortdauernd ungeschlechtlich vermehrt werden, stammen in der Regel von einem einzigen, in einer bestimmten Gegend gezüchteten Individuum, dessen Zweige alsbald als Edelreiser in vielen Ländern Verbreitung finden. Alle durch ungeschlechtliche Vermehrung entstandenen Individuen sind doch eigentlich nur die Fortsetzung des zuerst aus Samen hervorgegangenen Baumes. Da nun

---

[1]) Literatur s. in „Zeitschr. f. Pflanzenkrankh.", Jahrg. 1903 u. 1904.

[2]) In neuester Zeit hat Quanjer (H. M. De „Degeneratieziekten" van de aardappelplant. Vakblad voor Biologen II [1921] vgl. auch Quanjer u. Foex, Mission d'études sur les maladies de la pomme de terre en France, Ann. des Epiph. VII S. 267—280 [1921]) einen abweichenden Begriff der Degeneration geschaffen. Degenerationskrankheiten nennt er solche, die nicht in einem bestimmten Pflanzenorgan Sitz und Ursache haben, sondern bei denen die ganze Pflanze gewissermassen von der Krankheitsursache durchzogen und als Ganzes siech ist (vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII, 32 [1922]). Qu. faßt also den Begriff erheblich weiter als wir (vgl. unten bei Mosaikkrankheiten).

[3]) Graebner, Lehrbuch der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten, S. 11.

jedes Individuum seine bestimmte Lebensdauer hat, so muß auch dieses vielköpfig gewordene Individuum, das wir „Sorte“ nennen, nach einem bestimmten Zeitraum dem Tode verfallen. Daraus erklärt sich die überall gleichzeitige Erkrankung und das Aussterben mancher Sorten. Als Beispiele dieser Art seien angeführt: Gold-Pepping und Borsdorfer, zwei Apfelsorten, über deren Degeneration in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts eine eingehende Literatur entstand[1]), die Birnensorte, die früher in vielen Gegenden unter dem Namen „Beurré blanc“ die Märkte beherrschte, die früher so bekannte Rose „La France“ u. a., die jetzt fast gänzlich verschwunden sind.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß jede einstämmige Pflanze nur ein gewisses Alter erreicht, d. h. daß bei einem bestimmten Alter sich Erscheinungen zunächst der Stockung und dann des Rückganges bemerkbar machen. Ein- und zweijährige Pflanzen erschöpfen sich durch die erste Samenbildung, von vielen unserer sogenannten ausdauernden Pflanzen weiß man, daß sie kurzlebig sind, daß sie nach einem Jahre reichlicher Blüten- und Fruchtbildung sterben. Auch eine Anzahl von Gehölzen erreicht kein hohes Alter, so *Calluna vulgaris*, unser Heidekraut, *Daphne mezereum*, der Seidelbast u. a. Schon bei ihnen ist bekannt, daß sie zwar alle kurzlebig sind, also höchstens einige Jahrzehnte alt werden, daß aber je nach Standort und Entwicklung bei einzelnen Individuen der Beginn der Alterserscheinungen und des Absterbens sich recht verschieden zeigt. So kann man an manchen Stellen *Calluna* nach wenig mehr als 10 Jahren altersschwach zugrunde gehen sehen, so daß der Heidebauer die Fläche dann brennen oder abplaggen muß, an andern Orten hat man bis über 30 Jahre alte Pflanzen gefunden. Es sind meist nicht die üppigst gewachsenen, die das höchste Alter erreichen, aber auch nicht die kümmerlichsten; jedenfalls sind es die gesündesten. In ganz ähnlicher Weise tritt bei allen einstämmigen, oder vielleicht richtiger gesagt einwurzeligen Pflanzen innerhalb eines bestimmten Alters die Erscheinung der Altersschwäche hervor, die eben je nach Klima und Boden, aber auch je nach den individuellen Eigenschaften des Exemplars in gewissen Grenzen schwankt. Wenn z. B. die riesigen Eichen des Bialowieser Urwaldes in Litauen selten über 250 Jahre alt werden, dieselbe Art bei uns aber über tausendjährig beobachtet wird, so dürfte das in der im dichten Bestande des Urwaldes mit seiner feuchten Luft erzwungenen starken Anfangsentwicklung der schnellstwüchsigen Exemplare seinen Grund haben. Das weiche innere Holz wird leicht faul, der Stamm hohl und schnell altersschwach. Bei Pflanzen mit kriechender Grundachse und starker vegetativer Vermehrung liegen die Dinge zum Teil sicher ähnlich (bekannt sind z. B. Bambuseen, bei denen es Arten gibt, von denen ein Individuum einen ganzen Bestand bilden kann, der plötzlich überreichlich blüht und dann abstirbt); jedoch sind darüber noch zu wenig sichere Beobachtungen gemacht, die sich auch immer nur auf höchstens einige Jahrhunderte erstrecken, wie z. B. beim Kalmus (*Acorus calamus*), der bekanntlich in Europa nie mit Früchten beobachtet ist[2]). Vielleicht ist der jetzt vielfach

[1]) „Wearing out of varieties.“ Gardeners Chronicle 1875. „Varieties do they wear out?“ ibid. „Degeneration durch Altersschwäche“ in The Fruit Manual 1875. „Golden Pippin degenerated“ in Gard. Chronicle 1875. Vgl. Bericht über die Verhandl. d. Sektion für Weinbau in Trier 1875 usw. — [2]) Vgl. Ascherson bei Kirchner, Loew, Schröter, Lebensgesch. d. Blütenpfl. Mitteleuropas I, 3.

beobachtete Rückgang der nur weiblichen Wasserpest in Europa auf eine Altersschwäche des stets nur vegetativ vermehrten Individuums zurückzuführen. Ihre frühere ungeheuere Expansionskraft hat sie jedenfalls, auch an neuen Standorten, völlig verloren[1]).

Wie dem aber auch sein möge, es ist unmöglich, zu leugnen, daß bei der großen Masse unserer ausdauernden Pflanzen, in erster Linie unserer Gehölze, nach einer kürzeren oder längeren Reihe von Jahren Alterserscheinungen eintreten, die sich äußerlich zumeist zunächst in reicher bis überreicher Blüten- und Fruchtbildung äußern. Nach jedem solchen reichen Fruchtjahre des Alters sieht man meist das Absterben einer größeren Zahl von Zweigen, als es normal ist; das Holz ist nicht genügend „ausgereift", der Baum beginnt zu kränkeln, das Längenwachstum der Zweige wird immer geringer, die Borkenausbildung abnorm usf. Zu gleicher Zeit mit diesen Schwächeerscheinungen zeigen sich dann an den alten Bäumen allerlei andere Krankheiten; die Blätter und die Früchte, die längst nicht mehr die normale Ausbildung erfahren, werden pilzfleckig, die Zweige frostbeschädigt und anderes.

Das Studium der Alterserscheinungen sehr alter Bäume zeigt weiter, daß sehr oft die äußerlich sichtbaren Anzeichen der Altersschwäche nicht am ganzen Baume zu gleicher Zeit eintreten, daß z. B. ein starker Ast oder einige derselben ohne erkennbare Ursache krank werden, während die anderen zwar auch „alt", aber noch gesund aussehen. Sicher erscheint, daß häufig allein die Lage der Äste die Ursache für das frühere Altern ist, denn überwiegend sind es die unteren, die an den alten Bäumen stark überhängen, bei denen durch diese Haltung die Saftzu- und -ableitung naturgemäß erschwert bzw. verringert wird. Auf jeden Fall verlangt dieses stückweise Absterben einzelner Individuen für die richtige Beurteilung der Alterserscheinungen Beachtung.

Wir sehen im Pflanzenreiche dieselbe zweifellose Tatsache, daß, wie auch im Menschen- und Tierleben, die Individuen auch ohne den Eingriff einer parasitären Erkrankung durch frühzeitige, normale oder verspätete Alterserscheinungen den „natürlichen Tod" erleiden, und zwar daß dieser selbst bei den einzelnen Individuen einer Art oder Form, einer „Familie", zu recht verschiedenen Zeiten innerhalb einer für die Gruppe „erblichen" Frist eintritt. Es ist also nur natürlich, wenn wir unter den Kultursorten solche finden, „die sich nicht halten", die von Geburt an ein derartig schwächliches Wachstum zeigen, daß sie bald aus der Kultur wieder verschwinden, d. h. frühzeitig gealtert sind. Anderseits gibt es selbstredend auch langlebige Sorten, d. h. Individuen; so berichtet Hogg[2]), daß „Winter Pearmain" bereits um das Jahr 1200 in Schriften genannt wurde. Sehr alt ist auch der Borsdorfer Apfel und die überall bekannte Pflaume „Reine Claude", welche nach Bolle (vgl. Oberdieck in Pomolog. Monatshefte 1875, S. 240; Bouché und Bolle in Monatsschr. Ver. z. Bef. Gartenb. 1875, S. 484) aus dem 15. Jahrhundert stammen muß, da sie zu Ehren der Claudia, der Gemahlin Ludwigs XII. (1490) benannt wurde. Hierbei ist allerdings nicht zu übersehen, daß es keineswegs feststeht, daß die genannten „Sorten" wirklich alle nur von einem Individuum stammen, ob nicht inzwischen Neuzüchtung derselben erfolgt ist. Namentlich bei der Pflaume ist dies nicht

[1]) Vgl. Graebner, Pflanzenwelt Deutschlands.
[2]) Hogg, The Fruit Manual, 1875.

unwahrscheinlich, da bekanntlich gerade beim Steinobst die Sorten häufig bis zu einem gewissen Grade „sortenecht" aus Samen gezüchtet werden können (vgl. z. B. das beliebte Verfahren der Erziehung von Pfirsich, Aprikosen usw. in Baden usw., wo man die Samen gleich an Ort und Stelle legt und die „schlechten" Formen nachher ausmerzt).

Wieweit der Einfluß des Witterungswechsels, der Ernährung, der klimatischen Lage usw. und die dadurch bewirkte innere und äußere Gestaltung der Pflanzen auf das Alter einwirkt, ist noch zu wenig untersucht; Sorauer legt (3. Aufl., S. 32ff.) hierauf großes Gewicht, und es ist sehr wohl möglich, daß die verschiedene Lebensdauer der einzelnen Exemplare der von einem Individuum stammenden „Sorten" in den verschiedenen Gegenden damit zusammenhängt. Wir kennen den Einfluß der Unterlage auf das Edelreis durch viele Beobachtungen, und so wird naturgemäß von der Art, der Wüchsigkeit und dem Gesundheitszustande der Unterlage, von der Innigkeit des Verwachsungsprozesses usw. auch die Lebensdauer des Edelreises abhängen. Da man in bestimmten Gegenden bestimmte Unterlagen bevorzugt, so kann es nicht wundernehmen, wenn auch die Altersschwäche mancher Sorten zu verschiedenen Zeiten eintritt.

Die Praxis hat gezeigt, daß man durch Veredelung einer Pflanze auf die andere, die erstere vielfach frühzeitig zur Blüten- und Fruchtbildung, also zu gewissen Reife- d. h. Alterserscheinungen, veranlassen kann, und daß Reiser älterer Bäume, auf jugendliche Sämlinge gebracht, sofort in der Form der Altersstadien weiterwachsen. Der, man kann wohl sagen, Mißbrauch mancher Baumschulen, alles mögliche durch Veredelung zu vermehren, was auch aus Samen sich leicht erziehen läßt (z. B. viele ausländische Gehölzarten, Eichen, Birken, Linden usw.), hat es mit sich gebracht, daß man diese letzteren oft in ganz unnatürlichen Exemplaren trifft; sind sie z. B. dicht über der Wurzel veredelt, so erzeugen sie gleich dort eine Krone ohne Stammbildung.

Die Edelreiser der alten „Sorten" werden nun entsprechend dem Alter des Individuums, von dem sie oder ihre Abstammungsexemplare stammen, die Alterserscheinungen, gesteigert bis zur Senilität, mitbringen und in dem neuen Exemplar fortsetzen. Dieser Vorgang erscheint so natürlich, dem allgemeinen Begriff von Jugend, Alter und Greisenalter bei der Masse der Lebewesen entsprechend, daß wirklich nicht einzusehen ist, weshalb er von manchen Schriftstellern meist mit sehr künstlichen Deduktionen ohne jede Beweiskraft geleugnet werden kann.

Daß das Verhalten der „Sorten", die von einem Individuum stammen, bei Vermehrung durch Stecklinge genau das gleiche ist wie bei der Vervielfältigung durch Veredelung, beweist z. B. die früher so beliebte Rose „La France" (vgl. indes Rosenztg. 1923). Vor etwa zwei Jahrzehnten versagte diese Pflanze völlig; sie wurde schwachwüchsig, pilzanfällig, hatte schlecht ausgebildete Augen usw. Vielfach bemühten sich Rosenliebhaber, wieder gesunde Pflanzen zu ziehen, und der Herausgeber beteiligte sich selbst vielfach an diesen Bestrebungen. Ob aber veredelt oder wurzelecht gezogen, das Krankheitsbild war das gleiche; auch zwischen den Augen bzw. Stecklingen aus verschiedenen Gegenden war nicht lange ein Unterschied zu bemerken.

Auch andere alte Obstsorten (namentlich Äpfel) leiden öfter überall gleichzeitig an Unfruchtbarkeit, werden krebsig und sterben ab. Kartoffelvarietäten, welche früher als vorzüglich allgemein anerkannt wurden, bewähren sich jetzt nicht mehr und verschwinden vom Markte.

Das Siechtum der Pyramidenpappeln[1]) machte zu Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts viel von sich reden; es ist seit jener Zeit in verschiedener Intensität besonders durch Nord- und Mitteldeutschland, weniger in den wärmeren Lagen und in Süddeutschland zu finden. Ein ähnliches Vorkommnis wurde schon zwischen 1820 bis 1840 in England beobachtet[2]). Jüngere Zweige haben gebräunte Rindenstellen, unter denen der Holzkörper meist auch angegriffen erscheint, oder Frostknoten. Die Blätter werden gelblich und schlaff, der Zweig stirbt ab, und dann wird der ganze Baum wipfeldürr, um endlich oft ganz einzugehen.

Unter den verschiedenen Theorien, die zur Erklärung der Erscheinung herangezogen wurden, dürfte die Degeneration der Form durch fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung den größten Anspruch auf Wahrscheinlichkeit haben. Namentlich seit der Napoleonischen Zeit wurde die Pyramidenpappel immer wieder aus Stecklingen gezogen; alle Individuen stellten also gleichsam Äste eines uralten Baumes dar, der schließlich altersschwach wurde und dann eben alle jene Erscheinungen des langsamen natürlichen Todes zeigte. Das Holz reifte nicht genügend aus, die Zweige wurden frostempfindlich, echte und fakultative Parasiten konnten sich ansiedeln. Die Beobachtung kann daher richtig sein, daß vielfach darauf hingewiesen wurde, daß ein Spätfrost als Ursache des Ausbruches der Krankheit anzusehen sei, der die im Vorjahr wenig ausgereiften Zweige beschädigt hatte. Besonders wurden die Ende der siebziger Jahre wiederholt nach langen und feuchten Herbsten eintretenden Frühjahrsfröste verantwortlich gemacht. In neuerer Zeit hat diese Erklärung der Krankheit auch Graf von Schwerin vertreten (Gartenflora 1905, Heft 15, S. 400). Bei einer Reise nach Italien sah er, daß südlich der Alpen keine Erkrankung der Pyramidenpappeln vorhanden war. Von den früheren Beobachtern machte Haußknecht (Bot. Ver. f. Gesamtthüringen; vgl. Bot. Centralbl. 1884, S. 275) darauf aufmerksam, daß das Absterben sich zunächst fast nur in Flußtälern und Niederungen zeigte, höhere Lagen aber verschont blieben, ein Bild, welches später indessen nicht mehr zutraf. Daß gerade *Populus nigra pyramidalis* frostempfindlicher ist als die meisten anderen Pappeln, geht daraus hervor, daß dieselbe in Petersburg nicht mehr fortkommt, während *P. alba, laurifolia, suaveolens, balsamifera* u. a. dort noch sehr gut gedeihen.

Von der Vermutung ausgehend, daß doch wohl die Altersschwäche der dauernd vegetativ vermehrten Pyramidenpappeln die Ursache für das Siechtum sei, bestanden wir bei der Neuanlage des Botanischen Gartens in Dahlem darauf, daß für die Anlagen daselbst von neueingeführten Pflanzen aus der oberitalienischen Heimat des Baumes, wo ja auch nach Graf von Schwerin (a. a. O.) und nach eigenen Beobachtungen keine Wipfeldürre herrscht, bezogene Exemplare geliefert würden. Der Erfolg ist, daß, jetzt nach mehr als 20 Jahren, noch keiner dieser Bäume, trotzdem sie zum Teil an recht ungünstigen Stellen stehen, wipfeldürr oder kränklich ist, während alle übrigen in der gewöhnlichen Baumschulware gelieferten dürr wurden und entfernt werden mußten, soweit sie nicht zu Demonstrationszwecken stehenblieben. Junge Stecklingspflanzen der alten Pappel, z. B. zahlreich an der Havel gegenüber der Pfaueninsel, sind völlig wipfeldürr.

---

[1]) Graebner, Lehrbuch d. nichtparisitären Pflanzenkrankheiten S. 12, Paul Parey 1920.
[2]) Biolog. Zentralbl. XI, 1891, S. 129.

Meist ist es ein Scheibenpilz, *Dothiora sphaeroides*[1]), der das Scharfrichteramt an den durch die gewöhnlichen Winterfröste, die den benachbarten gesunden Pflanzen nichts tun, angegriffenen Bäumen übernimmt; an anderen Orten ist es ein Kernpilz, *Didymosphaeria populina*[2]).

Das **Degenerieren älterer Kartoffelsorten,** z. B. der Daberschen, ist sicher hierher zu rechnen. Eine dauernd durch Knollen wieder vermehrte Kartoffelsorte ist ebenso ein einziges Individuum, wie die Obst- und Rosensorten es sind. Die Anfälligkeit solcher Pflanzen gegenüber Pilzen, Bakterien und Witterungseinflüssen zeigt ihre geschwächte Lebenskraft gegenüber jungem, aus Samen neugezüchtetem Material (vgl. unten)[3]). Daß Kartoffelsorten, auf ihnen nicht zusagende, zu schwere Böden gebracht, ähnliche Erscheinungen des „Abbaus" zeigen, hat hiermit zumeist nichts oder wenig zu tun.

Nichts mit den Erscheinungen der Altersschwäche zu tun hat natürlich auch die gleichfalls mit dem Worte Degeneration bezeichnete Erscheinung des **Rückganges von Getreidesorten und anderen alljährlich aus Samen wieder gezüchteten Pflanzen.** Hier handelt es sich meist um ganz andere Dinge, nämlich darum, daß die Nachkommen, die sämtlich aus geschlechtlicher Vermehrung stammen, allmählich die wertvollen Eigenschaften verlieren, die gerade die betr. Sorte so schätzens- und anbauwert gemacht haben. In der Mehrzahl der Fälle erfolgt ein gewisser Rückschlag der mehr oder weniger hochgezüchteten Form zum Typus der wilden Art oder bei den so häufigen Kreuzungen der Kulturformen ein Aufspalten (oder Mendeln) nach den Stammformen zu[4]). Wenn z. B. die vielfach in Litauen gebaute Roggenform zahlreiche Stengel entwickelt, die über mehrere Monate hin zu verschiedener Zeit wachsen, blühen und fruchten, und dann nach dem Abmähen mindestens noch ein bis zwei Jahre weiterlebt, so ist diese zweifellos als ein Rückschlag zu der ausdauernden Stammform zu betrachten, mit der sie auch noch andere Merkmale, Schmalheit der Ähren usw., gemeinsam hat. Dieses „Degenerieren" oder „Entarten" ist vom pflanzenpathologischen Standpunkt natürlich durchaus ein Zustand der Gesundheit.

Anders liegt der Fall bei manchen Formen, die später dadurch „entarten", daß sie allmählich eine Anfälligkeit gegenüber den Parasiten zeigen, daß sie ihre frühere Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse usw. verlieren. Von Getreide-, Gemüse- und Kartoffelformen werden vielfach solche Fälle berichtet. Bei diesen handelt es sich augenscheinlich um Fälle von Inzucht. Um die „Sorten" ganz „rein" zu erhalten, werden sie möglichst stets durch Selbstbestäubung befruchtet, und so machen sich allmählich die Erscheinungen der Inzucht bemerkbar. Wenn z. B. von einer reinen Kartoffelsorte die Früchte zur Neuaufzucht gesammelt werden, so stammt doch stets das ganze Beet oder Feld ursprünglich von einer Kartoffelpflanze ab, die durch ihre Knollen immer

[1]) Rostrup, Pyramidenpoplens Undergang; Tillaeg til Nationaltidende 13. Nov. 1883. — Vgl. den II. Band dieses Werkes.

[2]) Vuillemin, P., Remarques éthiologiques sur la maladie du Peuplier pyramidal. Revue mycol. 1892, p. 22.

[3]) Vgl. bes. Erw. Baur, Physiologie der Fortpflanzung im Pflanzenreich. Kultur der Gegenwart, 4, III, S. 281ff. (1917).

[4]) Über ein mangelhaftes Austreiben hochgezüchteter Kartoffelsorten berichtet G. Massee (Kew Bull. Nr. 8, S. 307), Degeneration of potatoes. Seiner Meinung nach veranlaßt durch außerordentlich reduzierte Gefäßbildung.

wieder vegetativ vermehrt wurde. Sämtliche Blüten sind also gleichsam die einer einzelnen Pflanze, die mit sich selbst bestäubt wird. Je öfter das geschieht, desto eher kann hier die Degeneration durch Inzucht einsetzen.

Dritter Abschnitt.

Wachstumsänderungen durch verschiedene geographische Lage des Standortes.

Die Krankheiten, die bei ungünstiger Lage des Kulturlandes sich einstellen, werden bei den Einzelfaktoren, durch welche die Lage dem Pflanzenwachstum verderblich wird, besprochen werden; wir haben es jedoch für notwendig gehalten, im folgenden die allgemeinen Verhältnisse verschiedener Lagen zu skizzieren. Denn gerade für die leitende Idee in Sorauers Handbuch, für den Hinweis auf die sich herausbildende Disposition zu gewissen Erkrankungen, ist es von besonderer Wichtigkeit, zu zeigen, wie der stoffliche und gestaltliche Aufbau einer Pflanzenart sich mit den Standortsverhältnissen ändert, wie einzelne Funktionen bald herabgedrückt, bald gefördert erscheinen, und wie demnach die einzelnen Lokalitäten ihren bestimmten Charakter den Pflanzen aufdrücken, welche dadurch den einzelnen Schädigungsursachen gegenüber sich ganz verschieden verhalten müssen.

1. Die Erhebung über den Meeresspiegel[1]).

Mit der zunehmenden Höhe einer Kulturfläche über den Meeresspiegel wird die Wärme immer geringer; daß diese Wärmeabnahme der maßgebende Faktor für die Begrenzung der Vegetation ist und somit die Ernte im Gebirge sich verspätet, bedarf keiner weiteren Ausführung. Ein Beispiel in präzisen Zahlen liefert Angot[2]), nach dessen Beobachtungen sich die Ernte des Winterroggens in Frankreich durchschnittlich um vier Tage verzögert, wenn die Höhe um 100 m zunimmt. Aufmerksam zu machen ist aber dabei auf den Umstand, daß mit der zunehmenden Höhe die Verdünnung der Luft die Wärme derselben vermindert, daß also auch diese Verdünnung ganz wesentlich auf die Ausbildung der Vegetation wirken muß. Dazu kommen die Feuchtigkeitsverhältnisse, welche, abgesehen von der physikalischen Bodenbeschaffenheit, für alpine Regionen niederer Breiten andere sind als für Pflanzen aus der Ebene der arktischen Zone. Wo vielfach noch überwiegend feuchte Winde gegen das Gebirge wehen und daher zum Aufsteigen gezwungen sind, werden sie reichlich Regen fallen lassen. Es wird daher auch mehr Schnee fallen, und das zum Schmelzen dieser größeren Schneemasse erforderliche Wärmequantum wird der Vegetation entzogen. Selbst wenn der Schnee im Frühjahr ge-

---

[1]) Vgl. über die ökologischen Faktoren besonders Rübel, Pflanzengeogr. Monogr. Berninageb.; Leipzig 1912. — Jos. Braun, Veg. Verh. Schneest. Rät. Lep. Alpen. Neue Denkschr. Schweiz. Nat. Ges. XLVIII (1913). — Warming-Graebner, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 3. Aufl. Berlin 1914 bis 1918.

[2]) Der Naturforscher, 1883, Nr. 24.

schmolzen ist, wird trotzdem noch die Pflanze im Gebirge zunächst weniger von der Sonnenwärme Vorteil ziehen können als die in der Ebene, da die Zerrissenheit der Bodenoberfläche wirksam wird. Ein Quadratmeter Grundfläche, der stark zerklüftet ist, hat eine viel größere, in unendlich viele schiefe Ebenen zerspaltene Oberfläche; auf diese muß sich dieselbe Wärmemenge verteilen wie auf ganz ebenem Lande, dessen einzelne Punkte somit stärker erwärmt werden. In dieser Lage befinden sich die Gebirgsketten gegenüber den Ebenen. Es erklärt sich aus den bisherigen Angaben, daß mit der Erhebung über den Meeresspiegel sich die durch Wärme wesentlich beförderten Prozesse der Verwesung verlangsamen müssen. Je höher ein Berg aus der Ebene hervorragt, desto mehr werden seine oberen Teile den Winden und Stürmen ausgesetzt sein; alle Pflanzen mit freistehenden Sprossen werden darunter leiden. Es ist klar, daß derartige eigentümliche Kombinationen der Wachstumsfaktoren charakteristische Formen erzeugen werden, bei denen der kurze, gedrungene Wuchs das bekannteste Merkmal ist. Derartig erblich gewordene klimatische Formen sind als „ökologische Varietäten“[1]) bezeichnet worden.

Wenn wir anfangs gesagt haben, daß die Lufttemperatur in den Höhen geringer ist, so muß anderseits betont werden, daß mit der Höhe die Intensität der Bestrahlung zunimmt und allmählich höhere Bodenwärme erzeugt. Kerner erwähnt, daß z. B. auf dem Gipfel des Montblanc (4810 m) die Intensität des Sonnenlichtes um 26% größer ist als im Niveau von Paris. Auf dem Pic du Midi (2877 m) beobachtete man eine Temperatur des besonnten Bodens von 33,8° C, während die Luft nur 10,1° zeigte. Es würde deshalb das Gebirgsklima niederer und mittlerer Breiten sich durch größere Lichtintensität und größere Bodenwärme sehr günstig von dem der Ebenen in einer Polarzone, die dieselbe Lufttemperatur hat, unterscheiden. Anderseits ist nicht zu vergessen, daß im Gebirge der Wechsel von Tag und Nacht und damit die bei der dünnen Luft starke nächtliche Wärmeausstrahlung in den Himmelsraum sehr große, für alle Lebewesen, besonders für Kulturpflanzen ungünstige Temperaturschwankungen mit sich bringt. Der geringere Luftdruck auf den Bergen muß eine Steigerung der Transpiration zur Folge haben, wie Friedal[2]) angibt, und die erhöhte Lichtzufuhr eine Steigerung der Assimilationstätigkeit des Blattes; folglich arbeitet die typische Gebirgspflanze energischer, und daraus erklärt sich zum Teil ihre Leistung bei verkürzter Vegetationszeit.

Nach den Beobachtungen von Bonnier[3]), der am Montblanc und in den Pyrenäen Versuchsgärten angelegt hatte, trat im Alpenklima bei einer großen Anzahl krautiger Gewächse eine Verkürzung der Triebe ein, die zum Nanismus führte. Bei den Hochgebirgsexemplaren ist das Palisadenparenchym stärker entwickelt und chlorophyllreicher und dementsprechend ist die assimilatorische Arbeit gesteigert. Wenn man Blätter derselben Art von Exemplaren der Ebene und aus dem Gebirgsgarten, die gleichzeitig abgeschnitten wurden, prüfte, zeigten die Blätter aus dem Hochgebirge in der gleichen Zeit für gleichgroße Flächen eine stärkere

---

[1]) Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Von Kirchner, Loew und C. Schröter. Stuttgart, Ulmer I, 1. S. 116. 1904.

[2]) Friedal, Action de la pression totale sur l'assimilation chlorophyllienne C. rend. 1901. Cit. Bot. Jahresb. 1901. Abt. II. S. 221.

[3]) Bonnier, Étude expérimentale de l'influence du climat alpin sur la végétation etc. Bull. Soc. Bot. France. XXXV. (1888.)

Sauerstoffentwicklung. Solchen alpinen Charakter soll man bei Pflanzen dadurch künstlich züchten können, daß man sie während der Nacht in Eis packt, während man sie tagsüber in normalen Wachstumsverhältnissen beläßt[1]).

In einer späteren Mitteilung[2]) macht Bonnier speziell darauf aufmerksam, daß sich durch die in den alpinen Regionen stattfindende Steigerung der Transpiration und Assimilation leicht erklären lasse, weshalb Pflanzen der Ebene, ins Alpenklima gebracht, eine relativ größere Menge an Zucker, Stärke, ätherischen Ölen, Farbstoffen, Alkaloiden und andern Produkten der Chlorophyllarbeit entwickeln.

Wie sehr der spezifische klimatische Charakter sofort den Entwicklungsmodus einer Pflanzenart beeinflußt, zeigen die bekannten 1875 bis 1880 ausgeführten Anbauversuche von Kerner v. Marilaun[3]) mit Samen, die von derselben, und zwar vor Fremdbestäubung geschützt erzogenen Mutterpflanze stammten. Ein Teil der Samen wurde in einem alpinen Versuchsgarten auf der Kuppe des Blaser in Tirol (2195 m Seehöhe), ein anderer Teil im Wiener Botanischen Garten ausgesät. Auf der Kuppe des Blaser erfolgte das Keimen der Samen bald nach dem Abschmelzen der 1,5 m hohen Schneedecke in der Zeit vom 10. bis 25. Juni. Die Entwicklung der Sämlinge fiel somit in die Zeit des höchsten Sonnenstandes und der längsten Tage. Die Sämlinge waren sofort einer Temperatur ausgesetzt, welche ebenso hoch oder noch etwas höher war als die den Versuchspflanzen im Wiener Botanischen Garten im März bei einer Tageslänge von zwölf Stunden zuteil gewordene. An den Pflanzen, welche nicht durch die einzelnen Fröste im Juni, Juli und selbst im August getötet worden waren, wurden Ende August und Anfang September Blüten beobachtet, so z. B. bei *Satureja hortensis*, *Lepidium sativum*, *Agrostemma githago*, *Centaurea cyanus*, *Turgenia latifolia* usw.

Die im alpinen Versuchsgarten erwachsenen Pflanzen zeichneten sich den im Wiener Botanischen Garten entwickelten Exemplaren gegenüber dadurch aus, daß sie auffallend verkürzte und in geringerer Zahl entwickelte Stengelglieder besaßen. Ferner sah man, daß an den alpinen Exemplaren, z. B. von *Viola arvensis*, schon aus der Achsel des dritten und vierten Laubblattes sich Blüten entwickelten, während in Wien dies erst bei dem siebenten und achten Laubblatt stattfand. Die Zahl der Blüten war geringer und die Blütenblätter, ähnlich den Laubblättern, durchschnittlich kleiner. Ein Teil der in der Ebene einjährigen Arten, die genügend Zeit und Wärme zur Samenausbildung gefunden hatten, wurde auf der Kuppe des Blaser langlebiger dadurch, daß sich im folgenden Jahre aus dem untersten Teil des Stengels neue Sprosse entwickelten. Auch ein früheres Aufblühen konnte man beobachten. Am bekanntesten ist das Ausdauern der sonst einjährigen *Poa annua* in den hohen Gebirgen und in arktischen Gebieten.

Bringt man anderseits Pflanzen der Hochgebirge in die Ebene, so ist z. B. aus der Kultur der Botanischen Gärten bekannt, daß manche niederliegende Pflanzen, vom Hochgebirge in die Niederung verpflanzt,

---

[1]) Palladin, Influence des changements des températures sur la respiration des plantes. Revue gén. de Botanique, 1899. s. 242.

[2]) Bonnier, Gaston, Influence des hautes altitudes sur les fonctions des végétaux. Compt. rend. de l'Acad. scienc. Paris. CXI. (1890.) Cit. Bot. Centralbl. 1891. Nr. 12.

[3]) Pflanzenleben. Wien. 1898. II, S. 453ff.

sich mit ihren neuen Sprossen aufrichten, statt am Boden zu liegen; andere werden um das Mehrfache größer. Die Blätter vieler Arten werden in der Ebene breiter. *Leontopodium alpinum*, das Edelweiß, lockert in der Ebene seine Blütenköpfchen und die Behaarung. Besonders auffällig ist aber die Streckung der Achsen bei den dichten Rosettenpflanzen, deren Polster in der Ebene locker und weich werden. Eine sehr große Zahl der Hochgebirgsarten, die in der Ebene bereits im Frühsommer ihren jährlichen Wachstumsturnus beendet haben, wird während der Hochsommerhitze zu einer unnatürlichen Ruhe in der trockenen Luft gezwungen und beginnt im Herbst mit Eintritt der Feuchtigkeit nochmals zu wachsen, und zwar geil zu wachsen; und dann erfrieren, so paradox dies klingt, die Kinder des Eises und Schnees nicht selten im kommenden Winter oder vertrocknen in der schneelosen Kälte. Manche Pflanzen arktischer Gebirge, so z. B. *Diapensia Lapponica*, hat man noch nicht dauernd in der Ebene kultivieren können.

Entsprechend dem Umstande, daß mit der zunehmenden Höhe die Intensität der Besonnung wächst, ist auch die auf dem Anthocyan beruhende Blütenfärbung intensiver. Blumen, die in der Ebene weiß sind, zeigen auf den Alpen oft eine violette oder rote Unterseite ihrer Blumenblätter. Die Spelzen von Gräsern, die in der Ebene grün oder nur matt violett sind, werden in der Alpenregion durch reichlichere Ausbildung von Anthozyan dunkel-braunviolett[1]). Die Blätter von *Sedum acre*, *S. album* und *S. hexangulare* werden purpurrot. Dagegen vergilben Blätter von *Lathyrus* (*Orobus*) *vernus*, *Valeriana phu* und *Viola cucullata* durch den Lichtüberschuß im alpinen Versuchsgarten, die im Tal an schattigen Orten grünlaubig bleiben.

Von namhaften Forschern wird die Ansicht vertreten, daß das Anthozyan zum Schutz der Pflanze gegen zu starke Besonnung entwickelt werde. Kerner (Pflanzenleben, Bd. I, S. 508) vermutet, daß in den bei Wärmemangel auftretenden Blumenrötungen das, was an direkt zugeleiteter Wärme den Blüten abgeht, „durch jene Wärme ersetzt wird, welche durch Vermittlung des Anthozyans aus den Lichtstrahlen gewonnen wird"[2]). Ausführlich behandeln Mac Millan[3]) und namentlich O. Gertz[4]) diese Verhältnisse. Mac Millan spricht von „wärmenden Farben" (warming-up colours) und meint dabei besonders die rote Farbstoffreihe, die in kälteren Regionen reichlicher vertreten sei. Alpine und Polarpflanzen sind häufiger mit blauen oder violetten Blumen als mit gelben zu finden, die Zweigenden sind oftmals gerötet. Durch den roten Farbstoff werde die Temperatur etwas erhöht und der Einfluß der Kälte dadurch etwas abgeschwächt. Wenn man von zwei übereinstimmenden Thermometern die Kugel des einen mit einem grünen, die des anderen mit einem purpurfarbigen Blatt umbindet, so macht sich nach kurzer Zeit bei Sonnenbeleuchtung am purpurfarbigen Blatt eine Temperaturerhöhung von 6 bis

---

[1]) Bonnier, Cultures expérimentales dans la région méditerranéenne etc. Compt. rend. XCXXV (1902), 1285.

[2]) Vgl. auch Stahl, Haberlandt, Wille, Kay, dann Wulf, Botan. Beobachtungen aus Spitzberger Land 1902. — Miyoshi, Über die Herbst- und Trockenröte der Laubblätter, Journ. Coll. sc. Tokyo XXVII (1909).

[3]) Conway MacMillan, Minnesota Plant Life. Saint Paul, Minnesota, 1899, p. 417.

[4]) O. Gertz, Studier öfver Anthocyan. Akad. Afh. Lund 1906. — Portheim u. Scholl, Chemismus und Bildung von Anthozyanen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XXVIa, S. 480. Küster, E., Pathol. Pflanzenanatomie, S. 57ff.

10° geltend. Ebenso fand er, daß ein Thermometer, in ein Bund Veilchen gesteckt, höhere Temperatur anzeigt als in einem Bunde Schlüsselblumen, nachdem beide einige Zeit in der Sonne gelegen. In der Folge, und das scheint uns in den exponierten Lagen der Gebirge, wie überhaupt bei Blättern und Blüten, die sich in kühlen Jahreszeiten entwickeln, besonders wichtig, kühlen die rotgefärbten Teile in kalten Nächten weniger schnell ab als die grünen.

Sorauer glaubt, daß der rote Farbstoff als eine notwendige, an eine relativ überreiche Lichtzufuhr gebundene Reaktion der Zelle auf den Einfluß verschiedener Faktoren anzusehen ist. Einer dieser Faktoren kann auch die Temperaturerniedrigung sein, die sich bei horizontalen oder vertikalen Verschiebungen des Standorts einstellen wird. Daß diejenigen Pflanzenformen, die imstande sind, durch Rotfärbung Tageswärme zu speichern, besser imstande sind, kritische Nachttemperaturen zu überstehen, liegt auf der Hand.

Bei dem Einfluß des Gebirgsklimas handelt es sich nicht nur um die größere Lichtintensität, die Wärmedifferenzen der Jahresmittel und der einzelnen Jahres- und Tageszeiten, sondern auch um die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse. Wärme und Luftfeuchtigkeit in ihrer Gesamtmenge und in ihrer zeitlichen Verteilung sind neben der Lichtzufuhr ausschlaggebend für die Vegetation. Die Luftfeuchtigkeit beeinflußt, wie erwähnt, die für die Pflanzen verfügbare Lichtmenge; denn der Wasserdampf hat etwa die fünffache Absorptionsgröße für die Lichtstrahlen gegenüber einer trocknen Luft.

Da nun der absolute Gehalt der Luft an Wasserdampf mit der Höhe abnimmt, so wird auch weniger Licht im Gebirge absorbiert, namentlich da die Luft in der Höhe erheblich staubärmer ist. Daß der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit der Höhe abnimmt, ist selbstverständlich, denn die Temperatur wird immer geringer, und die gleichzeitig dünner werdende Luft muß ihren Wasserdampf kondensieren und in tropfbar flüssiger Form abgeben. Aber die relative Feuchtigkeit nimmt zunächst im Gebirge zu, und dies ist der Grund, weswegen wir das Gebirgsklima dort, wo aufsteigende Winde vorherrschen, als ein feuchtes und regnerisches bezeichnen müssen. Auf der abgewendeten Seite, wo die jetzt wasserarme Luft in die Ebene herabsinkt, verdichtet und damit erwärmt wird, wehen für die betreffende Breite warme und natürlich trockene Winde (Föhn, Föhntäler. — Prinzip der Eismaschine). In Beziehung zur Luftfeuchtigkeit steht auch die Bewölkung.

Die Zunahme der relativen Feuchtigkeit und die abnehmende Lufttemperatur bilden die Ursachen für eine schnelle Begrenzung unserer Kulturbestrebungen. Wir wissen, daß die Blüten- und Samenbildung vielfach eine Wärmesteigerung im Verhältnis zur Erhaltung der vegetativen Periode beansprucht. Deshalb sehen wir, daß das Getreide im Gebirge oft nicht ausreift und ebenso Klee und andere Leguminosen kein genügendes Saatgut liefern. Es kommt zu den erwähnten Verhältnissen noch ein anderer Umstand hinzu, auf welchen Pax[1]) aufmerksam gemacht hat. Es ist nämlich der Insektenreichtum schon bei 2300 m nur halb so groß wie in der Ebene; daher spielen Windblütler im Hochgebirge eine größere Rolle; auch wird die vermehrte Schwierigkeit der Insekten-

[1]) Das Leben der Alpenpflanzen. Zeitschr. d. d.-österr. Alpenvereins 1898. S. 61.

bestäubung dadurch teilweise ausgeglichen, daß eine ungeschlechtliche Vermehrung dafür eintritt (*Polygonum viviparum*, *Poa alpina*, *Saxifraga cernua*[1]), ferner sind zehn Elftel aller Arten Stauden, und selbst die bei uns einjährigen *Viola tricolor*, *Poa annua* u. a. werden in den Alpen ausdauernd.

Ausbildung der Holzpflanzen.

Gegenüber einer vielverbreiteten Ansicht ist zu erwähnen, daß Zwergwuchs im Hochgebirge nicht allein dem Schneedruck zuzuschreiben ist, da wir noch Baumgestalten in den Regionen haben, wo der meiste Schnee fällt. Die Schneedecke wird bekanntlich nicht etwa immer stärker, je größer die Erhebung des Hochgebirges sich gestaltet, sondern steigt nur etwa bei uns bis zur Höhe von 2500 m, also nur bis zur oberen Grenze der Zwergkiefer, des Zwergwacholders und der Alpenrosen. Höher hinauf nehmen die Niederschlagsmengen ab. Fichten, Lärchen und Zirbelkiefern leiden weniger durch Schneedruck, wenn sie allein oder locker stehen, weil ihre elastischen, abschüssig gestellten älteren Zweige die angesammelten Schneemassen leichter abgleiten lassen. Andere Gehölze, wie *Salix serpyllifolia* und *Rhamnus pumila* entgehen übermäßigem Schneedruck häufig durch ihre Ansiedlung an steilen Felswänden, von denen der Schnee schnell abgleitet. Wieder andere, wie *Pinus montana*, *Alnus viridis* usw. wachsen mit Vorliebe an geneigten Hängen, an denen sie in jedem Winter durch den Schnee herabgedrückt werden. In der Ebene und in schneearmen Lagen richten sie sich um die mehrfache Höhe auf. Aber auch die dem vollen Schneedruck ausgesetzten Gehölze werden nur zum Teil durch die Last des Schnees oder durch den Wind zum Anschmiegen an den Boden veranlaßt. Vielmehr darf man mit Kerner annehmen, daß es bei den Arten, die stets (auch in der Kultur der Ebene) einen dem Boden angedrückten Wuchs zeigen, die Bodenwärme ist[2]), die ihnen durch ihre Ausstrahlung in direkter Nähe der Erde die besten Existenzbedingungen bietet. In den Hochalpenregionen ist, wie oben erwähnt, der Boden viel wärmer als die Luft.

Betreffs des Wachstumsmodus der Bäume in den alpinen Regionen liegen zahlreiche Untersuchungen vor[3]); die Jahresringbreite ist im Hochgebirge geringer als im Tieflande. Die Exzentrizität der Äste ist meist sehr stark, aber die Richtung des stärksten Zuwachses veränderlich. Das Wasserleitungssystem erfährt infolge der gesteigerten Verdunstung eine größere Ausbildung. Bei den Dikotyledonen wird der höhere Anteil am Leitungsgewebe durch die Verschmälerung der Jahresringe erreicht; bei den Nadelhölzern wurde eine beträchtliche Verminderung des Spätholzringes gefunden.

Die im Gebirge fortwährend durch die Verwitterungserscheinungen sich vollziehenden Bodenrutschungen bewirken Schiefstellungen der

---

[1]) Vgl. Warming-Graebner a. a. O.

[2]) Vgl. Henslow, The origin of plantstructures. Journ. Linn. Soc. XXX (1894); dagegen die Psychroklinie bei Vöchting, H., Über den Einfluß niedriger Temperatur auf die Sproßrichtung. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XVI. (1898). S. 37. — Lidforss, Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen. Pringsh. Jahrb. XXXVIII (1903). — Weitere Beiträge zur Psychroklinie. Lunds Univ. Arsskr. N. F, IV. 2 (1908).

[3]) Schröter an verschiedenen Orten, bes. Pflanzenleben der Alpen. — Rosenthal, M., Über die Ausbildung der Jahresringe an der Grenze des Baumwuchses in den Alpen. Dissert. Berlin 1904. — Jos. Braun a. a. O.

Bäume und damit Änderungen in der Holzausbildung derselben. Hartig[1]) wies nach, daß bei Stämmen und Ästen der Fichte, sobald sie zur Horizontalen sich neigen, auf der Unterseite breitere Jahresringe und sog. „Rotholz“ (Holz mit kurzen Tracheiden und starker Verholzung), auf der Oberseite schmale Jahresringe aus „Zugholz“ (lange Tracheiden mit schwacher Verholzung) gebildet werden (vgl. unten die Abbildung bei „Luftfeuchtigkeit und Luftbewegungen“).

Nach Giovanozzi[2]) wird diese verschiedenartige Ausbildung des Holzringes der Koniferenzweige zu hygrometrischen Messungen von den Bewohnern der Piemonteser Alpen benutzt, da das kleinzellige, dickwandige Rotholz ganz andere hygroskopische Eigenschaften als das Zugholz besitzt. Die Rotholzseite eines geschälten Zweiges wird in trockner Luft konkav, in feuchter konvex (vgl. auch unten Kälte).

Nach den Untersuchungen von Cieslar[3]) scheint der Ligningehalt des Fichtenholzes an der oberen Grenze des baumartigen Vorkommens geringer als in tieferen Lagen zu sein.

Daß der gedrungene Wuchs bei alpinen Formen erblich für die nächsten Generationen ist, geht aus den Beobachtungen von Cieslar[4]) hervor, wonach Fichten aus Samen von Bäumen gebirgiger Standorte bei Kultur in der Ebene geringeren Zuwachs zeigten als die unter gleichen Bedingungen erzogenen Pflanzen von Bäumen der Ebene. Besonders umfangreiche und beweisende Untersuchungen hat Arn. Engler[5]) in der forstlichen Versuchsstation bei Zürich gemacht; er fand z. B. auch, daß vor 30 bis 40 Jahren in Hochlagen angepflanzte Tieflandfichten den Charakter ihrer Eltern vollständig beibehalten oder ihn zum mindesten nur sehr wenig verändert haben. Aus Keimversuchen mit Samen von Fichte, Kiefer und andern Waldbäumen schließt M. Kienitz[6]), daß für die in niederen Regionen heimischen Fichtensamen die Minima, Optima und Maxima der Keimungstemperaturen höher liegen als für die aus höheren Lagen stammenden Samen.

Bei den Kulturen im Höhenklima ist aber auch ferner zu berücksichtigen, daß sich die Gebirgserhebungen verschieden verhalten, je nachdem sie isolierte Kegel oder Hochplateaus darstellen. Da Bestrahlung und Ausstrahlung des Bodens auf die Temperatur der ihn bedeckenden Luftschichten von bedeutendem Einfluß sind, so wird die Vegetation in denselben Höhen ganz verschiedenen Temperaturdifferenzen gegenüberstehen.

Selbst geringe Höhendifferenzen können klimatisch erhebliche Kontraste ergeben; so ist z. B. Lauenburg in Pommern bei den Meteorologen als „Pommersches Sibirien“ bekannt; in der Talfurche zwischen den besonders milden Diluvialhöhen, in der die Stadt liegt, sammelt sich

---

[1]) Hartig, R., Holzuntersuchungen. Berlin. Springer 1901.

[2]) Giovanozzi, Sul movimento igroscopico dei rami delle Conifere. Malpighia XV, p. 3ff., cit. Bot. Jahresber. 1901, Abt. II. S. 191.

[3]) Cieslar, A., Über den Ligningehalt einiger Nadelhölzer. Mitt. a. d. Forstl. Versuchswesen Österreichs, 1897. Heft XXIII.

[4]) Engler, Arn., Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitt. Schweiz. Zentralanst. forstl. Versuchswesen X. Heft 3 (1913). Vgl. dort auch die übrige Literatur.

[5]) Zentralbl. f. d. gesamte Forstwesen. XX, S. 145. (1894.)

[6]) Kienitz, Vergleichende Keimversuche mit Waldbaumsamen aus klimatisch verschieden gelegenen Orten Mitteleuropas, in Müller, Bot. Unters. 1879.

namentlich in den Übergangsjahreszeiten die kalte Luft und ergibt oft starke Kältegrade; die einstrahlende Sonne bewirkt anderseits bald starke Erwärmung. „Frostlöcher" sind den Gärtnern und Landwirten in den meisten Gegenden bekannt; in ihnen zeigt ein Thermometer oft in 1 bis 2 m Höhe schon mehrere Grade mehr als ein anderes am Boden.

Als Schutz gegen Frostgefahr wirken Wolken und Nebel. Betreffs letzterer beobachtete Thomas[1]) in Thüringen, daß auf den in Nebel gehüllten Höhen das junge Buchenlaub nicht litt, während in den Tälern und Schluchten die Blätter durch Frost beschädigt wurden. Auf der die scharfe Abkühlung verhindernden Eigenschaft der Nebel hat sich die künstliche Frostverhütung durch Erzeugung von Rauch („Rauch- oder Schmokfeuer" vgl. oben S. 4) aufgebaut.

Rückgang in der Kultur der Lärche.

Als ein schlagendes Beispiel für die Nachteile, die sich bei der Kultur von Pflanzen aus dem Gebirgsklima in der Ebene bilden, möchten wir den vielfach bemerkten Rückgang der Lärchenpflanzungen ansehen. Kirchner[2]) erwähnt bei der Schilderung der Lebensgeschichte dieses Waldbaumes, daß derselbe ein echter Hochgebirgsbaum des europäischen Alpen- und Karpathensystems sei. Der natürliche Verbreitungsbezirk erstreckt sich von der Dauphiné durch die Schweiz über Vorarlberg, die Bayrischen und Salzburger Alpen nach dem Mährisch-Schlesischen Gesenke, den Karpathen bis zu dem Hügelland Südpolens. Die obere Höhengrenze[3]) liegt für die Lärche etwa bei 2400 m, selten erst bei 2660 m[4]), die untere in den Alpen meist bei etwa 900 m, seltener erst bei 423 m, im Schlesischen Gesenke ungefähr bei 357 m. Während sie in Schottland, Schweden, Norwegen sehr gut gedeiht, kommt sie im mittleren und nördlichen Deutschland sowie in Frankreich nicht gut fort. Bei gemeinsamem Vorkommen pflegt mit Ausnahme der obersten Höhenregionen meist die Lärche von der Fichte zurückgedrängt zu werden, falls nicht letztere auf trocknem Boden steht und dann im Längenwachstum hinter der ersteren zurückbleibt. Von allen einheimischen Nadelhölzern ist die Lärche der am meisten lichtbedürftige Baum, der mit einer so starken Transpiration ausgestattet ist, daß diese nicht nur alle Nadelhölzer, sondern auch die meisten Laubbäume übertrifft. Wegen der Unempfindlichkeit, welche sie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiete gegen die Winterkälte zeigt, ist die Lärche viel mehr in ihrem Gedeihen von der im Sommer herrschenden Wärme abhängig; sie liebt Gegenden mit einem beständig und gleichmäßig warmen Sommer und ausgiebigen Luftwechsel, eine Winterruhe von mindestens vier Monaten, darauf einen kurzen Frühling und einen raschen Übergang vom Frühling zum Sommer. Bei ihrer äußerst frühen Belaubung vermag sie eine sehr kurze Vegetationszeit auszunutzen.

Die Angaben stützen sich auf die Beobachtungen zahlreicher Spezialisten und dürfen daher als durchaus zutreffend anerkannt werden. Betreffs der stofflichen Zusammensetzung erhalten wir einen Einblick durch die

---

[1]) Thomas, Fr., Scharfe Horizontalgrenze der Frostwirkung an Buchen. Thür. Monatsblätter. April 1904.

[2]) Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. I 1. S. 157. Stuttgart, Ulmer, 1904.

[3]) Ascherson u. Graebner, Synopsis. 2. Aufl. I. S. 312f.

[4]) Rübel, Monogr. Berninagebiet. S. 304.

Arbeiten von R. Weber[1]). Dieser untersuchte Stammabschnitte und im Oktober gepflückte Nadeln von Lärchen der Bayerischen Alpen, aus dem Spessart, aus der Maintalebene usw. Trotz der Verschiedenartigkeit des Bodens ergaben sich doch gleichartige Resultate über den Einfluß der Höhenlage, welche Verfasser folgendermaßen zusammenfaßt:

„Die organische Substanz der Nadeln nimmt in einer bemerkenswerten Regelmäßigkeit mit der absoluten Höhe der Standorte zu; umgekehrt stellt sich der Gehalt an Reinasche. Der Aschengehalt ist auch ein absolut größerer, wenn die Lärche im Flachlande oder Mittelgebirge wächst, so daß also zur Herstellung der gleichen Menge verbrennlicher Substanz immer mehr Mineralstoffe von der Pflanze aufgenommen werden, je mehr ihr Anbau in die Ebene hinabsteigt. Gerade die wichtigsten Aschenbestandteile, Kali und Phosphorsäure, zeigen gegenüber den Alpenlärchen bei den Exemplaren der Ebene eine regelmäßige Zunahme. Betreffs des Kalkgehaltes steht zwar auch die Lärche der Ebene obenan; doch scheint hier die Bodenbeschaffenheit sehr maßgebend zu sein. Magnesia und Schwefelsäure zeigen unbedeutende, Eisenoxyd und Kieselsäure wiederum größere Zunahme.“

Aus den Weberschen Untersuchungen erkennt man, wie sehr sich die Lebensweise dieses Hochgebirgsbaumes und seine stoffliche Zusammensetzung mit dem Niedersteigen in die Ebene ändern. Vor allen Dingen bietet die Ebene die starken Kontraste der äußerst intensiven Sommerhitze mit starker Winterkälte; dazu kommt das langsam und ungleichmäßig beginnende Frühjahr mit seinen bisweilen im Februar, stets aber im März eintretenden sommerlichen Tagen und darauffolgenden Rückfällen. Von ausschlaggebender Bedeutung aber dürften die Herbste der Ebene sein, bei denen eine relativ warme, feuchte Periode sich nicht selten bis in den Dezember hineinzieht und die Vegetation nicht zum Abschluß kommen läßt. Man denke nur an unsere Eichen- und Apfelbäume, die das grüne Laub an den Spitzen der Zweige häufig genug bis in den Winter hinein behalten. Bei den Apfelbäumen, namentlich bei Spalier- und Schnurformen, bilden manche Sorten im Herbst gar keine Terminalknospe aus, sondern das jüngste Blatt bleibt einfach im Winter auf einer jugendlichen Entfaltungsstufe stehen.

Bei der Lärche äußern sich derartig lange feuchte, relativ warme Herbste in der Form, daß nach dem normalen sommerlichen Abschluß des Jahresringes noch einmal einige Lagen Frühlingsholz gebildet werden, wie sie Sorauer zu beobachten mehrfach Gelegenheit hatte. Also in der Ebene findet in solchen Fällen der Eintritt einer vollkommenen Ruheperiode, den Kirchner als erforderlich zur normalen Entwicklung der Lärche betont, nicht statt, und die nächstliegende Folge wird häufig der Verlust der gerühmten Frostwiderstandskraft sein. Mit dem Eintritt der Frostwunden öffnen sich die Einfallspforten für alle Wundparasiten, die bei dem vielfach dichten Bestande der Lärche in der Ebene die günstigste Gelegenheit zur Ansiedlung und Ausbreitung finden. Daher sehen wir so reichlich den Pilz des sogenannten Lärchenkrebses, *Dasyscypha* (*Peziza*) *Willkommii*, in unseren alten Beständen und die mit Flechten überzogenen

[1]) Weber, R., Einfluß des Standortes auf die Zusammensetzung der Asche von Lärchen. Allgem. Forst- u. Jagdzeitung 1873, S. 367. Vgl. auch Schönwald, Eberts u. H. Müller, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen L, (1918), S. 257ff., 416—421.

Stämme des Stangenholzes (vgl. die Abbildung unten bei „Moose und Flechten an den Stämmen").

Aus diesen der Natur des Baumes gänzlich zuwiderlaufenden Anbauverhältnissen in der Ebene erklärt sich die Klage, daß die Bäume in Nordwest- und Mitteldeutschland und in Frankreich durchschnittlich kein freudiges Gedeihen zeigen. Dies ist auch der Grund für den Rückschlag, der auf die allgemeine Begeisterung der Forstleute für den Lärchenanbau eingetreten ist.

In neuester Zeit bricht sich die Erkenntnis von der Fehlerhaftigkeit unserer Kulturmethoden und der Haltlosigkeit der weitverbreiteten Annahme, daß die Lärche allenthalben angepflanzt werden könne, in forstlichen Kreisen mehr und mehr Bahn. Am bezeichnendsten ist das Erscheinen eines kleinen Schriftchens von dem Forstmeister Boden in Hameln[1]), welcher beobachtete, daß der Lärchenkrebs nur dort auftritt, wo der Baum in Unterdrückung gebaut wird oder allmählich durch den Einfluß anderer Bestände in Unterdrückung gerät. Der rote Faden in seinen beachtenswerten Darstellungen ist, „daß die Sonne die Amme der Lärche ist". — In Übereinstimmung mit dieser Erfahrung steht das Ergebnis einer Umfrage der englischen Dendrologischen Gesellschaft, über welches Sommerville berichtet[2]). In England scheint der Lärchenkrebs danach in Zunahme begriffen zu sein und vorzugsweise Bäume von 7 bis 15 Jahren heimzusuchen. Feuchtigkeit bei geschlossenen Lagen begünstigt die Krankheit, die auf den Höhen weniger als in den Niederungen auftritt. Viele praktische Forstleute behaupten, daß eine Vererbung der Krankheit durch den Samen stattfinde; und wenn auch Sommerville diese Anschauung nicht teilt, so mag er doch die Annahme einer erblichen Disposition nicht von der Hand weisen. Auch sei die Behauptung, daß die Baumschulen die Krankheit verbreiten, nicht gänzlich zu verwerfen.

Ähnliche Resultate betreffs der Differenz des Aschengehaltes wie bei der Lärche fand Weber[3]) auch bei dem Buchenlaub. Bei Untersuchungen aus elf verschiedenen Standorten ergab sich, daß das Aschenprozent in den Hochlagen über 1000 m Meereshöhe bedeutend niedriger war als bei Buchenlaub aus den Tieflagen. Letzteres zeigte in seiner Asche aber einen geringen Teil an Kali, Phosphorsäure und Schwefelsäure, während die Blätter aus den Hochlagen so reich wie junges Laub an diesen Stoffen sich erwiesen; bei Kalk und Kieselsäure war die Verteilung umgekehrt. Die Größe und das Gewicht eines Durchschnittsblattes nehmen mit der Höhe ab.

Die Erfahrungen, welche bei dem Übertragen der Pflanzen aus dem Gebirge in die Ebene gemacht worden sind, erscheinen uns als sehr ernste Mahnungen, die natürlichen Ansprüche der Gewächse mehr zu berücksichtigen und nicht, gestützt vielleicht auf eine Bodenanalyse, zu glauben, daß jeder Baum dort gedeihen müsse, wo Nährstoffe für ihn reichlich

[1]) Die Lärche, ihr leichter und sicherer Anbau in Mittel- und Norddeutschland durch die erfolgreiche Bekämpfung des Lärchenkrebses. Leipzig 1899.

[2]) Report by Dr. Sommerville on the inquiry conducted by the Society into the disease of the larch. Transact. of the English arboricultural Society. III. Part. IV. (1893 bis 1894.)

[3]) Weber, Einfluß des Standortes auf den Aschengehalt des Buchenlaubes. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 1875, S. 221, zit. in Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1875, II, S. 325. — (Der prozentische Aschengehalt und namentlich Kalk und Kieselsäure steigen um so mehr, je langsamer die Pflanzen wachsen.)

vorhanden sind. Die großen physikalischen Bedingungen, wie Durchlüftungs-, Beleuchtungs- und Feuchtigkeitsverhältnisse, sind ausschlaggebende Faktoren, welche, entsprechend berücksichtigt, die natürliche Immunität des Baumes erhalten und die kleinliche lokale Bekämpfung der Parasiten überflüssig machen.

Mißerfolge bei Tropenkulturen.

Ein wesentlicher Faktor für die Entstehung wirtschaftlicher Schäden auch in den Tropen ist, wie wir glauben, in der ungenügenden Berücksichtigung der heimatlichen Vegetationsverhältnisse zu suchen, aus denen die tropischen Nutzpflanzen in ihren verschiedenen Kulturformen stammen. Diese Verhältnisse setzen z. B. dem Getreidebau eine schnelle Grenze. Unsere Getreidearten z. B. gedeihen nach Fescas[1]) Mitteilungen (a. a. O. S. 42) in den niederen Regionen der Tropen überhaupt nicht, und in den Höhen wird das Reifen der Samen unsicher. Auf Java und Ceylon wird der Anbau unserer Getreidearten und Hülsenfrüchtler behufs Samengewinnung schon in Höhenlagen von kaum 2000 m fraglich.

Von besonderem Wert ist dagegen, namentlich für tropische Kulturen, die Verringerung der Gegensätze zwischen Sommer- und Wintertemperatur. Manche Pflanzen, denen es in der Ebene zu heiß ist, gedeihen in dem gleichmäßigeren Höhenklima besser. So erwähnt Fesca, daß der Kakao am besten in tropischen Höhenlagen von etwa 500 m gedeiht, der arabische Kaffee in 600 bis 1200 m Höhe und mehr, der Tee in 1000 bis 2000 m. Für das Zuckerrohr dagegen sind Lagen notwendig, in denen Perioden mit hohen Wärmegraden auftreten. Dementsprechend dehnt sich der Anbau des Zuckerrohrs in den subtropischen Ebenen vielfach bis zum 35. Breitengrade, im Mittelmeergebiet sogar bis zum 36. Breitengrade aus, wo das Temperaturmittel während zwei bis drei Sommermonaten über 25° C steigt. Der Anbau von Fabrikrohr erfolgt aber selbst im engeren Tropengürtel selten höher als bis 300 m. Wohl wird es noch höher hinauf angepflanzt, aber nur noch zu Stecklingszwecken benutzt, weil der Zuckergehalt zu schnell abnimmt. In solchen Höhen entgeht aber das Rohr der so gefürchteten „Serehkrankheit"[2]), und man hat deshalb auch vorgeschlagen, die Fabrikfelder derart zu regenerieren, daß man von ergiebigen Kultursorten Stecklingsfelder in Höhenlagen einrichtet und deren Material wieder zur Kultur in der Ebene benutzt (vgl. unten Serehkrankheiten).

Auch bei anderen tropischen Kulturen ist nicht die Gleichmäßigkeit des Klimas ausschlaggebend, sondern das Vorhandensein hoher Sommertemperaturen, da diese zur Fruchtreife notwendig sind. So findet man wohl im engeren Tropengürtel noch Kokospalmen bis 1000 m Höhe, aber fruchttragende Exemplare sieht man schon in 900 m Höhe selten. Ebenso führt Fesca die Pompelmus an, die kühlere Wintertemperatur verträgt, aber zur Fruchtreife hohe Sommerwärme beansprucht. Deshalb gelangt sie z. B. in Japan zwischen 31 und 32° Br. mit einem Jahresmittel von 16,5° C noch zur Reife, während sie in Bandoeng auf Java bei 174 m Höhe und einem Jahresmittel von 22,7° C keine Früchte ausreift. Die Temperatur für die Fruchtreife liefert Japan in den Monaten Juli und August, wo das

---

[1]) Fesca, Der Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. I. Berlin, Süßerott, 1904. S. 41. Vgl. auch Semmler, Tropische Agrikultur. 2. Aufl.

[2]) Vgl. auch Zeijlstra, Versuch einer Erklärung der „Sereh"-Erscheinungen des Zuckerrohres. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XXIX. (1911.) Heft 6.

Monatsmittel über 26° C hinausgeht und noch im September über 24° C beträgt. Solche Temperaturmittel werden in Bandoeng niemals erreicht.

Vorteilhaft macht sich der Gebirgscharakter bei der Teekultur geltend. Der reichliche Niederschläge liebende Teestrauch ist seiner Heimat nach eine subtropische Pflanze. Durch Ausnutzung des Höhenklimas kann er in den Tropen mit Vorteil gebaut werden. So findet er sich auf Java, Ceylon und in Indien bis 2000 m Meereshöhe; die höchsten Pflanzungen im Himalaja finden sich etwa bei 2200 m. Der Tee aus höheren Lagen ist sogar der geschätztere; in den tropischen Ebenen werden zwar größere Blattmengen geerntet, aber die Qualität der Blätter ist eine geringere.

Bei der Kaffeekultur ist vielfach gesündigt durch Einführung der Pflanzen in schattenlose Ebenen. Der Kaffee ist eine tropische Höhenpflanze, welche Gleichmäßigkeit des Klimas liebt. Das Mißraten in der Ebene wird oft genug auf die großen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen zurückzuführen sein, die sich in der Ebene um so stärker geltend machen müssen, je weniger für Beschattung Sorge getragen wird. In der subtropischen Zone wird die Sommertemperatur zu hoch und die Wintertemperatur zu gering, so daß das Wachstum des Baumes, das normalerweise ununterbrochen vor sich gehen soll, zeitweise einen Stillstand erleidet.

In noch höherem Grade beansprucht der Kakao, dem es kaum jemals zu warm werden kann, eine gleichmäßig hohe Feuchtigkeit der Luft und des Bodens nebst Windschutz und Schatten. Innerhalb seines Anbaugebietes, des engeren Tropengürtels bis etwa 500 m Meereshöhe, bildet er zahlreiche Formen, aber bei allen ökologischen Varietäten machen sich dieselben Ansprüche an den Klimacharakter geltend, und Fesca (a. a. O. S. 240) empfiehlt die Beachtung des Schattenbedürfnisses namentlich für junge Kulturen. Eine hierher gehörige Krankheit beschreibt Zehntner[1]). Dieselbe erscheint in Form brauner Flecke in der Rinde ein- bis zweijähriger Bäumchen. Nach dem Verpflanzen sind die Stämmchen mehr dem Winde und der Sonne ausgesetzt, und nun platzen einzelne Rindenstellen auf.

2. Neigung der Bodenoberfläche.

Bei Prüfung der lokalen Abänderungen in den Einflüssen der geographischen Lage fällt ferner die Neigung der Bodenoberfläche ins Auge. Über einen vorteilhaften Einfluß der Neigung der Bodenoberfläche hat Noll[2]) berichtet. Seine Versuche zeigten, daß auf künstlich hergerichtetem Wellenland eine Vergrößerung der Anbaufläche erzielt wurde, welche bei Salatkultur die Erntemenge um 31% steigerte. Aber selbst bei geringen Neigungen macht sich mit der Zeit doch auch ein störender Einfluß geltend. Die Regengüsse nämlich führen die Feinerde allmählich abwärts und lassen das Quarzskelett des Bodens zurück.

Die Himmelsgegend, nach welcher hin das Kulturland geneigt ist, fällt außerdem sehr ins Gewicht. Die südlichen oder südöstlichen Abdachungen sind wegen der großen Witterungsschwankungen die gefährlichsten. Die hier herrschende stärkere Sonnenstrahlung und daher

[1]) Proefstation voor Cacao te Salatiga. Bull. 4.

[2]) Noll, Vergleichende Kulturversuche. Sitzb. Niederrh. Ges. Nat.-Heilk. 1899, 5ff.

höhere Temperatur verursacht im Frühjahr eine schnellere Entwicklung, im Sommer eine größere Gefahr des Vertrocknens der Vegetation. Sehr vielfach tragen die Süd- und Nordabhänge der Berge, selbst in einem Tale, sehr verschiedene Vegetation. So beschreibt Warming[1]), wie auch in Grönland die Südabhänge wie verbrannt dastehen können, während die Nordlagen, vom langsam schmelzenden Schnee befeuchtet, mit dichten, frischgrünen Moosteppichen und Blütenpflanzen bedeckt sind. Im Mittelmeergebiet ist die an den Südhängen weit hinaufsteigende immergrüne Vegetation sehr auffällig; dieselben Berge tragen auf der Nordseite dann oft mitteleuropäische Flora. Selbst in sehr kleinen Verhältnissen kann die Neigungsrichtung eine große Rolle spielen, so in Dünen, an Eisenbahndämmen usw.[2]). Auch die Neigungswinkel der Bodenschichtung zum Abhange, an den sie auslaufen, müssen naturgemäß ganz verschiedene Verhältnisse ergeben. Ist der Einfall der Schichten gleichsinnig mit der Steigung des Abhanges, wird dieser quellig sein, im anderen Falle trocken[3]); an Bergen ist die Südseite oft am schwersten wieder zu bepflanzen und findet sich daher häufiger kahl.

Der Vorteil der Südlage wird sich besonders in kurzen, kühlen Sommern zeigen; hier kann durch solche Lage allein bisweilen die Fruchtreife kurzlebiger und wärmeliebender Pflanzen ermöglicht werden. Darum nutzt man am besten die Neigung nach Süden durch die Kultur solcher Gewächse aus, welche der Frucht wegen gebaut werden und deshalb einer erhöhten Wärme- und Lichtwirkung bedürfen (z. B. Wein). Eine kältere Lage dagegen wird besser für den Anbau von Gewächsen Verwendung finden, deren Blatt- und Holzkörper zur Verwertung bestimmt ist, also für Wiese und Wald.

Bei der Kultur hapaxanther Pflanzen, wie unsere Gemüse sind, kommt die Schädlichkeit der sonst so bevorzugten Lage, nämlich die leichte Beschädigung durch Frühjahrsfröste, nur dann zur Geltung, wenn die Bestellung mit Pflanzen zeitig im Frühjahr vorgenommen wird. Größer ist der Schaden bei empfindlichen ausdauernden Gewächsen, wovon unsere Nußbäume ein gutes Beispiel liefern. Hier finden wir in günstigen, warmen Lagen häufig eine Mißernte, während in demselben Jahre die rauhen Lagen reichlich Nüsse liefern. Im ersteren Falle haben die durch stärkere Erwärmung früher herausgelockten jungen Triebe und Blütenknospen durch einen Nachtfrost gelitten, der an den in hohen, rauhen Lagen befindlichen Exemplaren, die in der Entwicklung noch zurück waren, schadlos vorübergegangen ist.

Welche Wärmedifferenzen schon durch eine Neigung von 10° hervorgerufen werden können, wenn man alle übrigen Verhältnisse als gleich annimmt, berechnet Holzner[4]) an einem Beispiel, in welchem er unter dem 50.° n. Br. eine um 10° südlich geneigte Fläche einer anderen mit 10° nördlicher Neigung gegenüberstellt. Die Summe der auffallenden Sonnenstrahlen verhält sich bei S. zu N. annähernd wie 3:2.

[1]) Warming, Om Grönlands Vegetation, Meddel. om Grönl. XII (1887).

[2]) Giltay, Anatomische Eigentümlichkeiten in Beziehung auf klimatische Umstände. Nederl. Kruidk. Arch. IV (1886). — Stenström, Studien öfver expositionens inflytande på vegetationen. Arkiv f. Botanik Stockh. IV (1905); vgl. auch Warming-Graebner a. a. O.

[3]) Kraus, G., Boden und Klima auf kleinstem Raum. Jena 1911.

[4]) Holzner, Die Beobachtungen über die Schütte der Kiefer oder Föhre und die Winterfärbung immergrüner Gewächse. Freising 1877.

Betreffs der Erwärmung des Ackerlandes sind die Untersuchungen von Wollny[1]) besonders erwähnenswert. In dieser Arbeit finden sich Beobachtungen von Kerner[2]) über die verschiedene Erwärmung der einzelnen Seiten eines Hügels zitiert, die an die vorhergehenden Bemerkungen sich zunächst anschließen. Das Mittel aus dreijährigen Beobachtungen ergab, daß die Expositionen in abnehmender Wärme folgendermaßen sich gruppieren. Die wärmste Lage war SW; dann folgten S, SO, W, O, NO, NW, N. Diese Skala zeigt, daß in Wirklichkeit die einzelnen Lagen sich nicht so verhalten, wie man theoretisch anfänglich wohl vermuten sollte. Man möchte zunächst glauben, daß für gleiche Abstände der Sonne vom Meridian auch die Insolation gleichstark wäre, also die Südostseite dieselbe Wärmemenge wie die Südwestseite erhalten müßte. Daß dies tatsächlich nicht der Fall, erklärt sich Kerner damit, daß nachmittags die Sonne in gleicher Höhe kräftiger wirke, weil die Saturation der Luft mit Wasserdampf nachmittags niedriger und daher auch die Absorption der Sonnenstrahlen geringer sei als in den Vormittagsstunden. Ein weiterer Grund wird von Lorenz[3]) zitiert. Die Südwestseite hat nämlich länger Zeit als die Süd- und Südostseite gehabt, um von Tau und Regennässe zu trocknen; sie ist gleichsam vorgewärmt, und dasselbe Wärmequantum fällt auf einen trockneren Boden, den es demgemäß mehr erwärmt.

Wichtiger für die Kulturen als der Jahresdurchschnitt ist aber das Monatsmittel, eventuell das Wärmemaximum in den einzelnen Jahreszeiten. In dieser Beziehung ergeben die Kernerschen Thermometerbeobachtungen, daß nur im Winter (von November bis April) das Maximum der Bodentemperatur auf der Südwestseite liegt, daß dagegen von Mai bis August die Südostseite die höchste Wärme zeigt; im September und Oktober ist die Südseite am höchsten erwärmt. Diese Wanderung des Maximums dürfte sich durch die im Hochsommer eintretenden trockenen Ost- und Südostwinde zwanglos erklären lassen, welche (immer gleiche physikalische Bodenbeschaffenheit vorausgesetzt), den Boden schneller abtrocknen und damit besser erwärmungsfähig machen.

Während die Untersuchungen von Kerner in einem natürlichen, aus diluvialem Sande bestehenden, mit ziemlich steilen, grasbewachsenen Böschungen versehenen Hügel bei Innsbruck angestellt wurden, experimentierte Wollny mit einem künstlich, aus gesiebtem, humosem Kalksandboden errichteten Hügel, dessen Mantel zur Horizontalebene einen Winkel von 15° bildete. Hier waren also die Verhältnisse den zum Ackerbau tatsächlich noch verwendbaren Steigungen des Landes angepaßt.

Die Wollnyschen Beobachtungen bestätigen zunächst die von Kerner erhaltenen Resultate betreffs der Wanderung des Wärmemaximums von Südost im Sommer, nach Südwest im Winter. Ferner zeigt sich, daß im allgemeinen die südlichen Lagen (SW, S, SO) größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt sind gegenüber den anderen, von denen die nördliche Abdachung die geringsten Schwankungen aufzuweisen

[1]) Wollny, Untersuchungen über den Einfluß der Exposition auf die Erwärmung des Bodens. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. I, S. 263.

[2]) Kerner, Über Wanderungen des Maximums der Bodentemperatur. Zeitschr. d. österr. Ges. f. Meteorologie. VI, Nr. 5, S. 65ff. (1871).

[3]) Lorenz u. Rothe, Lehrbuch der Klimatologie. Wien 1874. S. 306.

hat. Bei einer anderen Versuchsreihe zur Feststellung der Temperatur der Seitenflächen von Beeten bei verschiedener Lage gegen die Himmelsrichtung, im Vergleich zur Temperatur einer ebenen Ackerfläche in 15 cm Tiefe während der wärmeren Jahreszeit, ergab sich folgendes: Die Südseite ist am wärmsten; dann folgt im Mittel die ebene Ackerfläche, an dritter Stelle die Ost- und Westseite, während die nördliche Abdachung des Beetes als die kälteste erscheint. Wenn nun die Beete von Ost nach West gerichtet sind, kommt eine Längsfläche nach Süden, die andere nach Norden zu liegen, und so haben diese beiden Flächen die größten Temperaturdifferenzen, die sich in der Vegetation wohl abspiegeln können. Es ist daher günstiger, wenn man überhaupt den Acker in Beete legen will oder muß, dieselben von Nord nach Süd verlaufen zu lassen. Am vorteilhaftesten wegen der gleichmäßigen und durchschnittlich höheren Erwärmung ist der Anbau in ebener Ackerfläche, deren Temperatur zwar niedriger als die eines nach Süden geneigten Abhanges ist, aber die sämtlicher anderen Expositionen übersteigt.

Die Vorteile der südlich geneigten Lage eines Ackers treten, wie spätere Versuche[1]) ergaben, aber auch nur dann in die Erscheinung, wenn stets genügende Feuchtigkeit vorhanden ist. Bei trockener Witterung oder unregelmäßig verteilten Niederschlägen vermindern sich die Ernteerträge. Ja, bei extrem trockener Witterung wurden auf der Nordseite, die sonst die geringsten Ernten liefert (und zwar um so geringere, je stärker der Neigungswinkel ist), die höchsten Erträge erzielt. Darauf folgten West- und Ostseite; die geringste Produktion zeigte sich auf der Südseite.

Natürlich sprechen auch noch andere Verhältnisse stets mit, so z. B. wird bei hinreichender Feuchtigkeit und zusagender Feinkörnigkeit des Bodens auch die Bodenfarbe wirksam. Je dunkler die Erde, desto mehr wird das Pflanzenwachstum gefördert. Bodengemische ergeben bessere Ernten wie reine Torf-, Sand- oder Lehmböden[2]).

Steile Lage der Abhänge.

Bodenflächen von mehr als 15 bis 20° Steigung auf kleinem Raume werden, soweit als möglich, als Wiese und Weideland benutzt werden müssen, wenn nicht der Garten- und Weinbau eine teure Terrassierung lohnen. Wenn die Steigung einer Fläche einem halben rechten Winkel nahekommt, ist dringend zu raten, jede vorhandene Vegetation zu belassen und in geeigneter Anpflanzung die Bewaldung zu versuchen oder zu vervollständigen.

Es liegt in dieser Verwendung so stark geneigter Flächen nicht nur die beste Nutzung, sondern auch der beste Schutz der an diese Flächen sich anschließenden unteren Kulturländereien. Derartig steile Lagen, die meist das Gebirge bietet, haben selten, selbst bei Bewaldung, eine tiefe Krume. Dieselbe kann sich aber nur gegenüber starken Regengüssen oder (bei anhaltender Trockenheit und reichem Sandgehalte) auch bei Stürmen erhalten, wenn sie von den Wurzelnetzen der stark verankerten Bäume durchsponnen ist. Die Moospolster der Waldungen erhalten die

[1]) Wollny, E., Untersuchungen über die physikal. Eigenschaften des Bodens auf das Produktionsvermögen der Nutzgewächse. Forsch. Geb. d. Agrikulturphysik XX, Heft 3, S. 291 (1898).

[2]) Die wichtigsten Angaben darüber und Literatur vgl. Warming-Graebner, Lehrbuch der ökol. Pflanzengeographie. 3. Aufl. (1914 bis 1918.) S. 72ff.

für weitere Zersetzungen der Gesteine so notwendige Feuchtigkeit und vermehren die Geneigtheit zur Quellenbildung, deren Segen in der Ebene erst zur Geltung kommt. Betreffs des Wachstumsmodus der Bäume in steilen Lagen ist leicht zu beobachten, daß das Mark exzentrisch geworden ist. Mer[1]) beobachtete bei den Tannen und Fichten der Vogesen, daß an steilen Abhängen die Jahresringe an der nach oben hin gerichteten Baumseite sich stärker entwickeln, was namentlich an der Stammbasis hervortritt und seinen Grund in der stärkeren Tätigkeit, der den Feuchtigkeitsschwankungen dort weniger ausgesetzten Wurzeln hat. An nach Norden und Osten gelegenen Abhängen werden die Tannen und Fichten nicht nur höher und stärker, sondern bei dem einzelnen Baume entwickeln sich auch nach den genannten Himmelsgegenden die Jahresringe kräftiger. Wenn die Bäume sich krümmen müssen, zeigen an der Krümmungsstelle die Jahresringe der konvexen Seite sich stärker entwickelt.

Wir haben leider in unseren Kulturländern Beispiele genug, welche die traurigen Folgen der Abholzung steiler Gebirgsabhänge zeigen. Die Bewaldung war hier das Produkt mehrhundertjähriger, ineinandergreifender Vorgänge, welche mit der Ansiedlung von Krustenflechten auf dem nackten Felsgestein begannen. In den Spalten und auf den Absätzen der Felsen werden die Verwitterungsprodukte zurückgehalten, auf denen auch größere Pflanzen sich ansiedelten und mit ihren verwesenden Leibern die ersten Humussubstanzen lieferten, die zum Gedeihen höherer Pflanzen den Boden immer passender machten. Einmal der Vegetationsdecke beraubt, schwemmen die Regengüsse die Krume abwärts und legen in der Höhe den steinigen Boden nackt, während sie in der Ebene die Kulturen verschlämmen. Je größer die Entwaldung im Gebirge, desto unregelmäßiger wird der Wasserreichtum der Gebirgsflüsse, desto häufiger Überschwemmungen und Versandungen im Frühjahr und Wasserarmut der Flußläufe in dürren Sommern.

Abgesehen von den direkten Verwundungen, die herabgeschlämmte Erdmassen durch die mitgeführten Steine hervorbringen, liegt die Hauptbeschädigung wesentlich in dem Bedecken der bisher der freien Luft ungehindert ausgesetzt gewesenen Pflanzenteile. Die meisten Pflanzen aber sterben ab, wenn sie dauernd tiefer gestellt werden, und nur diejenigen, welche die Fähigkeit besitzen, leicht Adventivwurzeln zu machen, vertragen Bodenaufschüttungen. Unter den Bäumen vertragen Weiden und Pappeln und namentlich der auf Kies und Sand vorkommende, an den Küsten Deutschlands, Frankreichs und Englands zu findende, mit seinen flachstreichenden Wurzeln zur Dünenbefestigung dienende Sanddorn (*Hippophaës rhamnoides*) ein Verschütten ohne Nachteil. Dagegen ist die Stammbasis mancher Bäume, wie z. B. der Obstbäume, gegen starke Bodenaufschüttungen sehr empfindlich.

Außer dem Verschlämmen der tiefliegenden Gelände und der Bedeckung des Stammgrundes durch Nachrutschen des Bodens verdient auch die Wurzelentblößung eine erhöhte Aufmerksamkeit. Solange der Waldbestand intakt bleibt, bilden die netzartig ineinandergewachsenen Wurzeln, wie gesagt, ein so engmaschiges Geflecht, daß meist der Boden innerhalb desselben festgehalten wird. Wenn aber einmal durch Menschen-

[1]) Mer, Des causes qui produisent l'excentricité de la moelle dans les Sapins. Compt. rend. CVI (1888), S. 313.



Abb. 1. Stelzenkiefern aus dem Grunewald bei Berlin. (Sorauer.)



Abb. 2. Stelzenkiefer aus dem Grunewald bei Berlin. (Sorauer.)

hand oder Stürme Lücken gerissen worden sind, dann stellt sich um so schneller ein Abrutschen ein, je lockerer der Boden ist, und je mehr Regen und Wind Zugang in die Bestandeslücke erhalten. Abgesehen von den im Hochgebirge unaufhaltsam sich abspielenden Vorgängen dieser Art, denen wir meist machtlos gegenüberstehen, vollziehen sich aber auch im Flachland beständig Veränderungen des Waldbestandes, die das Bloßlegen der Wurzeln durch Abrutschen oder Abspülen zur Folge haben. Ganz besonders ist dies der Fall in Waldungen auf hügeligem Terrain bei Durchlegung von Straßen oder Wegen. Der Waldboden ist meist locker oder wird durch das Abtrocknen gelockert, und sobald die Straße einen mit größeren Bäumen bewachsenen Hügel durchschneidet, trifft man am Rande des Durchstichs die stelzenartig freistehenden Wurzeln, zwischen denen der Boden herausgerutscht oder fortgespült worden ist (Abb. 1 u. 2). Da die bloßgelegte Seite der Wurzelkrone die Verankerung des Baumes im Boden schwächt und die verminderte Wasserzufuhr die Kronenausbildung beeinträchtigt, so ist der Schaden ein doppelter.

3. Große horizontale Differenzen.

Die individuelle Entwicklung innerhalb derselben Pflanzenart wird ebenso wie durch die vertikalen Erhebungen des Standorts auch durch die horizontalen Verschiebungen ihrer Kulturstätten von Nord nach Süd oder Ost nach West beeinflußt. Besonders zwischen Nord und Süd sind die Differenzen erheblich. Bereits Kjellman[1]) wies durch Experiment nach, daß Pflanzen von *Cochlearia fenestrata* in Nordsibirien, die der volle 24 Stunden währenden Belichtung ausgesetzt waren, doppelt so viel wogen als danebenstehende, die er fünf Monate lang seit ihrer Keimung täglich 12 Stunden verdunkelte, also nur den halben Tag dem Lichte aussetzte. Während am Äquator theoretisch stets 12 Stunden Tag ist, ist an den Polen sechs Monate Tag (in Wirklichkeit mehr) und sechs Monate Nacht. Zwischen beiden Extremen liegen die übrigen Breiten. Die längere Belichtung bringt eine schleunigere Entwicklung; so vergehen nach Arnell in Südschweden im April 4,3 Tage, damit das Blühen einer Art einen Breitengrad nördlich fortschreite, im Juli aber nur noch 0,5 Tag.

De Candolle[2]) stellte den Satz auf, daß unter annähernd gleichen Breitengraden und Höhen die Temperatursummen über 0° im Schatten für dieselbe Entwicklungsphase (Blütezeit, Laubfall usw.) in den westlichen Gegenden Europas höher sind als in den östlichen. Die Beobachtungen zeigen, daß innerhalb des europäischen Klimacharakters die Dauer der Vegetationsperiode nach Nordosten hin ab-, nach Südwesten zunimmt. Beides zeigt den Einfluß des See- und Kontinentalklimas, welche die Wirkungen der geographischen Breite modifizieren. Westeuropa läßt wegen der vielen Gebirgszüge und plateauartigen Unterbrechungen die Erscheinung weniger deutlich zum Ausdruck kommen wie die großen ebenen Landflächen Rußlands, über welche eine sehr bemerkenswerte Arbeit von Kowalewski[3]) berichtet. Dieselbe stützt sich auf Angaben

[1]) Kjellman, Ur polarväxternas lif, in Nordenskiöld, Studier och Forskningar, Stockholm 1884.

[2]) Sur la méthode de sommes de température appliquée aux phénomènes de végétation. Bibliothèque universelle de Genève, 1875.

[3]) W. Kowalewski, Über die Dauer der Vegetationsperiode der Kulturpflanzen in ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite und Länge. Arb. d. St. Petersburger Naturforscherges., XV, 1884 (russisch), vgl. Bot. Zentralbl., 1884, Nr. 51, S. 367.

von 2200 in allen Gegenden des europäischen Rußland zerstreut wohnenden Landwirten, welche den Zeitpunkt der Saat und Ernte ihres Getreides gemeldet haben. Da die Kultur sich den klimatischen Verhältnissen anpassen muß, so geben die üblichen Saat- und Erntezeiten ein Bild der vorhandenen Vegetationsbedingungen.

Es findet die Aussaat des Winterroggens im südlichen Teile des Chersonschen Gouvernements am 15. September statt[1]), um Archangelsk dagegen schon am 1. August. Die Streifen der gleichzeitigen mittleren Aussaat von Winterroggen verlaufen nicht parallel den Breitengraden, sondern von NW nach SO gesenkt, laufen also fast in derselben Richtung wie die Isochimenen. Die Differenz der Erntezeiten von Winterroggen im hohen Norden (Archangelsk) und im Süden (Cherson) erstreckt sich, wie die Saatzeit, auf anderthalb Monat. Die Dauer der Saatperiode von Sommergetreide ist im hohen Norden um drei- bis viermal kürzer als an den Südgrenzen; an der westlichen Grenze ist dieselbe zwei- bis zweieinhalbmal länger als im Osten. Die Ernteperiode ist im Norden ebenfalls dreimal kürzer als im Süden, im Westen anderthalb- bis zweimal so lang wie im Osten. Die Streifen gleichzeitiger Reife des Sommergetreides sind von SW nach NO gerichtet, stimmen also in ihrer Richtung mit den Isotheren überein.

Die Dauer der Vegetationsperiode beträgt im Süden und Südwesten Rußlands nur 85 bis 110 Tage bei Roggen, Buchweizen, Lein und Gerste, dagegen bereits 110 bis 125 Tage bei Sommerweizen, Hirse, Hafer und Erbse; die längste Vegetationsperiode (150 bis 165 Tage) besitzen Zuckerrübe, Mais und Kartoffeln. Somit übersteigt im Süden die längste Vegetationsperiode die kürzeste fast um das Doppelte. Dagegen sind im Norden die betreffenden Perioden nicht nur überhaupt kürzer, sondern auch stärker zusammengedrängt. Im hohen Norden und Nordosten übersteigt die Differenz zwischen der längsten und der kürzesten Vegetationsperiode nicht 10 bis 20 Tage.

Bei derselben Kulturpflanze innerhalb des europäischen Rußland nimmt die Schnelligkeit der Entwicklung durchschnittlich mit der Breite zu. So besitzt beispielsweise der Hafer im Gouvernement Cherson (Süden) eine Vegetationsperiode von 123 Tagen, Weizen und Gerste eine solche von 110 Tagen; im Norden dagegen vermindert sich die Vegetationsdauer des Hafers und der Gerste auf 98 (Archangelsk), des Weizens auf 88 Tage. Innerhalb derselben geographischen Breite findet man im Westen eine längere Vegetationsdauer als im Osten.

Die Ursachen der Verkürzung der Vegetationsperioden können also nicht in der Wärmesumme liegen, welche die Pflanzen unter dem entsprechenden Breitengrade empfangen; denn sonst müßten die Pflanzen eben im Süden bedeutend schneller ihre Entwicklung durchlaufen als im Norden, zumal sich die südliche Schwarzerde viel stärker erwärmt als der oft schwerere und feuchte Boden des Nordens. Außerdem drängt auch der im Süden vorhandene Mangel an Feuchtigkeit noch schneller zum Abschluß der Vegetation. Auch Kowalewski kommt folgerichtig zu dem Schluß, daß die Insolationsdauer ausschlaggebend sei. Er nimmt nun als mittlere Aussaatzeit des Hafers den 5. Mai, als mittlere Erntezeit desselben den 20. August an und findet somit für die 98tägige Vegetations-

[1]) Alle Daten nach dem früher in Rußland üblichen alten Stil.

periode in Archangelsk eine Insolationsdauer von 2000 Stunden; rechnet man noch die Periode der hellen Nächte dazu, so steigt diese Größe bis auf 2240 Stunden. In Cherson wird der Hafer am 20. März gesät und am 20. Juli geerntet. In dieser 123tägigen Vegetationsperiode finden sich aber nur 1850 Insolationsstunden. Außerdem sagt Kowalewski, muß bemerkt werden, daß die Kultursorten des Nordens an kleinere Wärmemengen angepaßt sind und daher, in den Süden übertragen, verhältnismäßig früher reifen.

Zur ferneren Erklärung der Veränderung der Vegetationsdauer zieht Kowalewski die größere Intensität der Beleuchtung, die geringere Wolkenmenge und größere Feuchtigkeit der Atmosphäre herbei und glaubt, gestützt auf Famintzins Untersuchungen, daß im Süden z. B. das Lichtoptimum der Assimilation überschritten wird und daher hemmend wirkt. Dies entspräche dem bei den vertikalen Erhebungen erwähnten Vergilben schattenliebender Pflanzen der Ebene bei dem Anbau im Hochgebirge. Indes braucht man nicht auf eine hemmende Wirkung des südlichen Lichtüberschusses zurückzugreifen, wenn man die Wiesnerschen Anschauungen akzeptiert. Zur Erklärung der Lichtverwertung seitens der Pflanzen im hohen Norden betont Wiesner[1]) nach seinen Untersuchungen, daß im hochnordischen Gebiete (Tromsö) bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher Himmelsbedeckung die chemische Intensität des gesamten Tageslichtes größer als in Wien und Kairo, dagegen kleiner als in Buitenzorg auf Java sich erweist. Das Lichtklima des hochnordischen Gebietes ist durch eine relativ große Gleichmäßigkeit der Lichtstärke ausgezeichnet, welche in keinem anderen Vegetationsgebiete erreicht wird. Die Pflanzen der arktischen Vegetationsgrenze erhalten die größte Menge des Gesamtlichtes.

Über das Verhalten der Pflanzen bei künstlicher horizontaler Verschiebung durch die Kultur liegen schon frühere Anbauversuche mit Getreide nordischer Abstammung vor[2]), über welche Wittmack referiert hat. Derselbe kam zu folgenden Schlüssen: Pflanzen aus dem Norden entwickeln sich in Mitteleuropa zwar etwas langsamer, holen aber später die einheimischen ein oder eilen ihnen sogar voraus. Man sieht also, daß die im Norden angewöhnte kurze Vegetationsdauer manchmal durch die erhöhte Wärme des südlicheren Standortes noch mehr abgekürzt wird, vorausgesetzt, daß man es auch mit trockenem Klima zu tun hat. Das feuchte Klima Englands mit den niedrigen Maximaltemperaturen und der oft schwachen Belichtung verzögert die Reife. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist sehr maßgebend und kann überall Verzögerung der Reife veranlassen; ebenso wie umgekehrt Gegenden mit großen Trockenperioden, Steppenklima und ähnlichen, von den Breitengraden nicht abhängigen Verhältnissen abgegrenzte Herde mit frühzeitig reifenden Pflanzenformen bilden können. Allzu große Trockenheit verzögert allerdings die Entwicklung, wie dies experimentell festgestellt worden ist. Wir verweisen betreffs der Bodentrockenheit auf die Versuche von Stahl-Schröder, die in dem Kapitel „Wasserüberschuß“ angeführt werden.

---

[1]) Wiesner, J., Beiträge zur Kenntnis des photo-chemischen Klimas im arktischen Gebiete. Sitz. Akad. d. Wiss., Wien CVII (1898), S. 1287ff.

[2]) Über vergleichende Kulturen mit nordischem Getreide. Von Dreisch, Körnicke, Kraus, Vilmorin u. a., ref. von Wittmack, Landwirtsch. Jahrb. 1875, S. 479, und 1876, S. 613ff.

Daß der Zeitpunkt der Einwirkung der Wärme sehr wichtig, ist wohl erklärlich. Wärme im Juli und August ist für die meisten Kulturpflanzen vorteilhafter als im Mai und Juni; bei dem Regen ist es umgekehrt.

Auf die Bedeutung der physikalischen Bodenbeschaffenheit, nämlich auf die Beschleunigung der Reife durch lockere Böden, wird man auch durch die Wittmacksche Zusammenstellung hingewiesen, ebenso wie auf den Umstand, daß im allgemeinen für dieselbe Getreidesorte die Vegetationszeit in östlichen Gegenden kürzer als in den westlichen ist.

Gestützt auf die Erfahrungen, daß die Kultursorten nördlicher Klimate ihre kürzere Vegetationsdauer in der nächsten Entwicklungsperiode beibehalten, hat sich ein schwungvoller Handel mit nordischem Saatgut ausgebildet. Indes ist nicht zu vergessen, daß man dabei die Quantität der Ernte im Auge behalten muß. Dieselbe hängt, reichliche Nährstoffzufuhr gleichmäßig vorausgesetzt, doch stets von der Dauer der vegetativen Periode, also der Bestockungszeit ab. Je länger das Getreide Zeit hat, vegetative Organe anzulegen (und dies geschieht innerhalb einer feuchten, kühlen Jahreszeit), desto reichlicher erfolgt die Bestockung und damit die Ausbildung einer größeren Anzahl von Ähren aus dem einzelnen Samenkorn.

Wenn man sich verleiten läßt, im Westen entstandene langlebige, durch Produktionsreichtum ausgezeichnete Sorten nach dem Osten zu übertragen, läuft man Gefahr, daß dieselben im Osten den Frösten erliegen. Das schlagendste Beispiel finden wir bei den englischen Weizensorten aus der Gruppe des Squarehead, die immer unsicherer nach Osten hin werden, weil sie auswintern. Betreffs der Frostwiderstandsfähigkeit liegen Erfahrungen vor, daß die Samen nordischer Gegenden in südlichen Breiten Pflanzen ergeben, welche nicht nur bisweilen, trotz anfänglicher Verlangsamung der Entwicklung, früher reifen, sondern auch den Frösten besser widerstehen.

Neuerdings hat Simon[1]) auf die Verschiedenheit französischer Rotkleepflanzen, namentlich bezüglich der Frostbeständigkeit, aufmerksam gemacht. Je nach dem Klima ihrer Heimat erwiesen sie sich sehr verschiedenartig.

Aus den Ergebnissen langjähriger Beobachtungen Schübelers[2]) ist hervorzuheben, daß die durch eine kurze Vegetationszeit in nordischen oder alpinen Klimaten zur Gewohnheit gewordene Schnellwüchsigkeit nach vier- bis fünfjährigem Anbau in niederen Breiten wieder verloren geht. Umgekehrt gewöhnen sich langlebige Sorten in einigen Jahren eine kurze Vegetationszeit an. Gelber Hühnermais von Hohenheim z. B., der im Jahre 1852 zu Christiania in 120 Tagen reifte, verkürzte bei wiederholter Aussaat seine Vegetationszeit bis 1857 um 30 Tage. In Christiania beträgt die Entwicklungszeit der Gerste 90 Tage; das aus Alten (70°) stammende Saatgut brauchte nur 55 Tage (s. Kowalewski). Wille[3]) weist indessen darauf hin, daß Schübeler seine Versuche zufällig in einigen besonders warmen Sommern gemacht hat, und daß derselbe auch

---

[1]) Simon, J., Die Beurteilung des Anbauwertes französischer Rotkleesaaten. Angew. Bot. I (1919) mit 2 Karten.

[2]) Schübeler, Die Pflanzenwelt Norwegens, 1873, S. 77 u. ff.

[3]) Wille, N., Über die Schübelerschen Anschauungen in betreff der Veränderungen der Pflanzen in nördlichen Breiten. Biolog. Centralbl. XXV (1905); The Flora of Norway and its Immigration. Ann. Miss. Bot. Gard. II, S. 59ff. (1915).

die Intensität und Länge der Belichtung sowie deren Wirkung nicht berechnen konnte.

Von den durch die nördliche Lage verursachten stofflichen Eigentümlichkeiten, welche vielfach mit den Änderungen der Pflanzen bei dem Aufsteigen auf das Hochgebirge übereinstimmen, ist besonders wichtig, daß der Zuckergehalt der Früchte nach Norden hin ab-, das Aroma dagegen zunimmt. Bonnier und Flahault behaupten auch, daß nicht nur die Größe, sondern auch die grüne Farbe der Blätter an Dunkelheit im Norden zunimmt[1]). Eine Zusammenstellung[2]), welche Schübelersche Versuche behandelt, führt folgende spezielle Beispiele an. Bei Weizen, dessen Samen aus Ohio und Bessarabien bezogen war, stellte sich eine jährlich zunehmende dunkle Färbung der Körner ein, bis diese die gelbbraune Farbe des einheimischen norwegischen Winterweizens erhalten hatten. Ähnliche Resultate waren mit Mais, Bohnen, Erbsen, Sellerie u. a. erlangt worden. Sellerie, der vom Kaukasus bis Vorderindien, in Afrika (Ägypten, Habesch, Algier) wächst und in Europa vom Mittelmeer bis zur Ostsee zu finden ist, geht jetzt in Finnland bis 69°; dort bilden sich aber die Wurzelknollen schlecht aus; die Würzhaftigkeit wird jedoch im Norden schärfer[3]). Die bereits erwähnte größere Intensität der Blütenfarben, die parallel der Steigerung dieser Eigenschaft mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel sich zeigt, erschien bei den meisten Gartenblumen auch bei dem Fortschreiten nach Norden. Betreffs der Bildung aromatischer Stoffe ist als Beispiel außer Sellerie noch der Wacholder anzuführen, der in Norwegen viel reicher an Öl als in Zentraleuropa ist; deshalb werden auch die Beeren nordischen Ursprungs lieber zu den Wacholderlikören benutzt als südliche. Zwiebel und Knoblauch sind in Norwegen ungemein scharf. Die Erdbeeren sind sauer, aber aromatisch, während diese Früchte nach Götze in Coimbra ausgezeichnet süß, aber fast ohne jedes Aroma sind, wie auch unsere Äpfel- und Birnensorten in Transvaal usw. Die Pflaumen bleiben im Norden oft so sauer, daß sie den aus südlicheren Gegenden stammenden Früchten gegenüber als unreif anzusehen sind. Am bekanntesten ist die Verschiedenheit beim Wein. Man vergleiche den süßen portugiesischen oder griechischen Wein mit den weniger süßen bis sauren, aber blumereichen Rhein- und Moselweinen.

Bei Betrachtung der horizontalen Differenzen, die sich in der Abnahme der Regenmenge, in der Zunahme der Klarheit der Luft, von Westen nach Osten, in den Beleuchtungsverhältnissen zwischen südlichen und nördlichen Gegenden usw. äußern, dürfen wir einen Umstand nicht vergessen, auf welchen de Candolle[4]) bereits aufmerksam gemacht hat. Derselbe ist zwar experimentell noch nicht genügend gefestigt, findet aber in der praktischen Erfahrung seine vielfache Bestätigung. Es ist nämlich die größere, vollkommenere Winterruhe der Pflanzen. Nach Ihne[5]) tritt die Belaubung der in Mitteleuropa und Coimbra normal gedeihenden Bäume in Coimbra etwa einen Monat früher und deren Laub-

[1]) Bonnier et Flahault, Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu. Annal. d. sc. nat. Botanique, VII, Paris 1879, p. 93.

[2]) The effects of uninterrupted Sunlight on Plants. Gard. Chron., 1880, I, S. 272.

[3]) Hansen, C., Der Sellerie. Gartenflora, 1902, S. 18.

[4]) A. de Candolle, Sur la méthode des sommes de température appliquée aux phénomènes de la végétation. Archiv. des sc. physiques etc. Nouv. ser. LIII. S. 257, LIV. Genf 1875, S. 5ff., vgl. Bot. Jahresber., 1875, S. 585.

[5]) Ihne, Phänologische Mitteilungen. 32. Ber. Oberrh. G. Nat.-Heilk. (1898).

verfärbung ungefähr anderthalb Wochen später ein als bei uns. Somit ist die Winterruhe dort etwa sechs Wochen kürzer. Die Dauer und Vollkommenheit der Winterruhe muß aber für die Schnelligkeit der nachherigen Entwicklung einflußreich werden; die Mangelhaftigkeit der Winterruhe ist wohl auch die Ursache für die vielfache Schwächlichkeit und Kränklichkeit unserer Obstbäume in der immergrünen Region des Mittelmeergebietes. Man kann wohl annehmen, daß bei Andauer einer Temperatur, welche die Funktionen nicht sämtlich zum Stillstand bringt, sich eine Anzahl vegetativer Prozesse mit langsamem, aber stetigem Stoffverbrauch (Oxydationsprozesse) vollzieht, ohne daß die Pflanze Ersatz durch neu assimiliertes Material erhält. Außerdem scheint es, daß manche Enzyme, welche die Energie des Stoffwechsels bedingen, erst während einer vollkommenen Winterruhe in der nötigen Menge zur Entwicklung gelangen oder vorbereitet werden. Tritt keine vollkommene Ruhe ein, so dürfte dies namentlich bei zwei- und mehrjährigen Stauden und den Knospen der Zweige an Holzgewächsen fühlbar werden; dieselben werden früher treiben, aber schwächere Organe produzieren (kleinere Blätter, größere Anzahl unfruchtbarer Blüten) und anfälliger gegenüber Krankheiten sein. In den späteren Teilen dieses Buches wird vielfach auf das „Ausreifen“ der winterlichen Zustände, das für die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen Frost u. a. so wichtig ist, hingewiesen.

Des zunehmenden Gewichtes der Samen in den nördlichen Breiten ist im vorhergehenden schon gedacht worden; es liegen aber auch Untersuchungen von Petermann[1]) vor, welche eine hohe Keimkraft schwedischer Samen von Kleearten, Lieschgras (*Phleum pratense*), von Fichte und Kiefer gegenüber deutschen, französischen und belgischen Samen beweisen. Die in der Tat durchschnittlich ein größeres Gewicht besitzenden schwedischen Samen betätigen ihre größere Keimkraft nicht nur durch die Zahl der keimfähigen Körner, sondern auch durch die Energie, mit welcher die Keimung vonstatten geht. Diese Ergebnisse lassen sich recht gut durch eine größere Entwicklungsenergie der Pflanze infolge des völligen Ausreifens bei der längeren Belichtung und der dadurch vollkommenen Winterruhe erklären.

Die Kulturerfolge, welche durch Benutzung von Pflanzen anderer Klimate erlangt werden, halten, wie erwähnt, in der Regel nur für sehr wenige Vegetationsperioden vor. Manchmal tritt der Einfluß des jetzigen Standortes schon in der zweiten Vegetationsepoche auf und stempelt die Pflanzen der fremden Klimate schnell wieder zu einheimischen Produkten. Obstbäume, aus Angers bezogen, trieben und blühten auf Malorka schon zu Ende des Monats Februar, während die einheimischen erst einen Monat später blühten[2]). Eine zwei Jahre später wiederum aus Angers eingetroffene Sendung zeigte dieselbe Erscheinung. Die Obstbäume der ersten Sendung blühten jetzt aber bereits später, nämlich gleichzeitig mit den einheimischen. Selten vollzieht sich der Übergang von dem bisher erblichen zu einem neuen, klimatisch bedingten Entwicklungsmodus so schnell, als er sich bei der Rückkehr verliert; doch haben wir bei unseren Gemüsen auch Beispiele schneller Änderung der bisherigen Eigenschaften. Im Tropenklima behalten sie nur im ersten Jahre annähernd ihren

[1]) Petermann, Recherches sur les graines originaires des hautes latitudes. Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Acad. royale de Belgique, XXVIII. Bruxelles 1877.

[2]) Gartenzeitung von Wittmack, 1882, S. 374.

Charakter; aber schon im zweiten Jahre geben die Samen der eingeführten Pflanzen gestreckte, verholzende Exemplare[1]). Von schnellen Änderungen wildwachsender Arten ist nichts bemerkbar, wie die Versuche mit Parallelsaaten gewisser Formen von *Phaseolus* und *Triticum* in Gießen, Genua, Montpellier, Portici und Palermo[2]) oder von deutscher, englischer, holländischer und dänischer Saat in Schweden[3]) gezeigt haben. Daß *Ricinus communis* in den Tropen, ja schon an der Riviera baumartig und perennierend wird, ebenso *Reseda odorata* in Neu-Seeland mehr oder weniger ausdauert und anderseits *Bellis perennis* in Petersburg, Bialowies (!) usw. einjährig ist, wird wohl durch direkte Einwirkung des Klimas auf das einzelne Individuum veranlaßt; einjährige *Ricinus*-Formen bleiben auch in den Gewächshäusern ausdauernd.

Bei der Bewertung von Eigenschaften, die bei den ersten Generationen importierter Samen wiederkehren, namentlich wenn es sich um besonders kräftige Entwicklung handelt, ist nicht zu übersehen, daß Saatgut mit sehr hoher Keimkraft und Keimungsenergie erfahrungsgemäß auch im ungünstigeren Klima schnell und kräftig entwickelte Pflanzen gibt, die ihrerseits nun wieder noch kräftigere Samen ergeben als die von schon früher dort gezogenen Generationen derselben Art stammenden, ohne daß hier von einer erblichen Anpassung die Rede zu sein braucht. So sind den Gärtnern die Wertunterschiede von aus gut gepflegten oder aus schlecht gehaltenen Gärtnereien stammenden Samen derselben Gartenform sehr wohl bekannt für die eigene Samenzucht.

Zu den langsam sich vollziehenden Änderungen im Wachstumsmodus gehört die Ausbildung der Jahresringe bei unseren Bäumen. Allerdings schwankt die Verteilung zwischen gefäßreichem Frühlingsholz und gefäßarmem Sommerholz innerhalb desselben Breitengrades in jedem Jahre je nach Zahl und Verteilung der Niederschläge; aber bei der durch die horizontalen Differenzen der Lage gegebenen Veränderung der Durchschnittswitterung werden derartige Verschiedenheiten konstant, und es bilden sich dadurch ökologische Varietäten. Auf solche anatomischen Unterschiede in der Entwicklung derselben Art in südlicher und nördlicherer Lage geht Bonnier ein. Er verglich Exemplare der Linde, Rotbuche, Akazie u. a. aus der Gegend von Toulon (mit 260tägiger Vegetationszeit) mit solchen bei Fontainebleau (Vegetationszeit 178 Tage) und fand, daß das Frühjahrsholz im Süden besser entwickelt und reicher an vielfach weiteren Gefäßen ist. Hier kommt allerdings der Reichtum an Frühjahrsniederschlägen im Mittelmeergebiet in Betracht. Das Sommerholz des Südens dagegen ist reicher an Libriformfasern und besteht oft nur aus solchen, während bei Fontainebleau sich auch im Sommer noch zahlreiche Gefäße bilden. Die Blätter der Toulon-Pflanzen erwiesen sich um $^1/_4$ oder $^1/_2$ mal dicker und mit mehr Schichten von (längerem) Palisadenparenchym versehen gegenüber den nördlicher erwachsenen Pflanzen. Die Spaltöffnungen sind zahlreicher, das Sklerenchym kräftiger und die Cuticula verstärkt. Die Toulon-Pflanzen repräsentieren den Charakter der Mediterranflora im allgemeinen.

---

[1]) Deutsche Gärtnerzeitung, 1883, Nr. 17.

[2]) Hoffmann, H., Rückblick auf meine Variationsversuche von 1855 bis 1880. Bot. Z., 1881, S. 430.

[3]) Lind, G., Jämf. odlingsförsök (vergleichende Kulturversuche mit Küchenpflanzen von schwedischer und ausländischer Herkunft). Meddel. K. Landtbruks Akad. II (1909).

Eine besonders auffällige Änderung in ihrer Entwicklungszeit durch das für sie unpassende Klima zeigen mitteleuropäische Obstsorten, die in die immergrüne Region des Mittelmeergebietes eingeführt werden. So beobachtete Graebner mehrmals auf der istrischen Insel Lussin an der dalmatinischen Küste Birnen, die nach der Aussage ihres Besitzers alljährlich früh im Frühjahr blühten, dann aber alle Früchte bei Beginn der Hitze abwarfen, Anfang August nochmals Blüten entwickelten, die Frucht ansetzten und im November reiften. Die betreffenden Exemplare machten einen schwächlichen erschöpften Eindruck.

Der größeren Intensität der Blütenfarben bei dem Aufsteigen der Pflanzen von der Ebene nach dem Gebirge und dem Übergang aus niederen Breiten in die nordischen Regionen (Bonnier, Flahault) ist bereits gedacht worden, ebenso der sich ändernden Färbung der Laubblätter; über Anthocyan als Schutzvorrichtung vgl. S. 57.

In den warmen Klimaten nehmen die Gewächse oft Eigenschaften an, welche das direkte Gegenteil von denen der Polar- oder Gebirgspflanzen sind. In den Tropenpflanzen sind die Reservestoffbehälter weniger stark entwickelt als in verwandten Arten kälterer Gegenden. Die Knospen sind weniger geschützt, filzige Überzüge auf Blättern und Zweigen (mit Ausnahme der Wüstenpflanzen) seltener. Viele winterliche Gewohnheiten fallen fort; Knospenschuppen werden fast nirgends ausgebildet; es gibt weniger zweijährige Pflanzen. Die wärmenden Farben treten mehr zurück, indem weiße, gelbe und gefleckte Blumen (Orchideen) vorherrschen.

Blicken wir auf die vielfachen Veränderungen zurück, welche die Pflanzen im gestaltlichen und stofflichen Aufbau durch die horizontalen Verschiebungen ihres Standorts erfahren, so werden wir uns der Überzeugung nicht verschließen können, daß in diesen Verschiebungen nicht selten der Grund für eine Disposition zur leichteren Erkrankung oder anderseits zu größerer Immunität zu suchen sein wird.

Wir haben bereits auf die größere Frostempfindlichkeit westlicher Squarehead-Weizen in östlichen Gegenden hingewiesen und erinnern jetzt daran, daß auch parasitäre Erkrankungen von dem im Saatgut erblich mitgebrachten verschiedenen Entwicklungsmodus der Wirtspflanzen abhängig sein können, Man denke beispielsweise an die Tatsache, daß manche parasitäre Pilze zu bestimmten Jahreszeiten auftreten oder sich doch besonders reichlich verbreiten. Falls solche Pilze nur den jungen Blättern gefährlich werden, wird es für eine epidemische Ausbreitung ausschlaggebend sein, ob zur Zeit der reichsten Sporenausstreuung viel junge Blätter vorhanden sind. Dieser Umstand hängt aber davon ab, wie schnell eine Pflanze in einem bestimmten Klima ihren Entwicklungszyklus durchläuft.

Hat sie eine langsame Entwicklung, so dauert die Periode, in der sie junge Blätter darbietet, lange und damit ist die Gefahr der Pilzinfektion sehr nahegerückt. Reift eine (z. B. aus nördlicheren oder östlichen Gegenden eingeführte) Varietät schnell, dann kann zur Zeit der hauptsächlichsten Sporenverbreitung der ganze Blattapparat schon ausgereift und damit widerstandsfähig gegen viele Parasiten sein.

Solche Umstände verdienen größere Beachtung, als ihnen bisher zuteil geworden. Sie werden auch bei der Erklärung der „Biologischen Rassen" („Gewohnheitsrassen") einzelner Parasiten in Erwägung ge-

zogen werden müssen; denn es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, daß manchmal Infektionen nächstverwandter Wirtsspezies nur darum nicht gelingen, weil die eine Nährpflanze sich zur Infektionszeit schon in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium befindet, bei welchem die Blattoberhaut ausgereifter, d. h. derbwandiger und inhaltsärmer ist. Daß die Pilzinfektion an ein bestimmtes Entwicklungsstadium der Nährpflanze gebunden ist, zeigt sich beispielsweise bei den Rostpilzen des Getreides. Eriksson[1]) erwähnt, daß bei frühreifen Sorten auch der Rost früher auftrete, und die neuen Beobachtungen liefern Beispiele, wie die *Puccinia*-Arten des Getreides ihre bestimmte Zeit des Auftretens haben. So zeigte sich[2]) im Jahre 1904, daß hauptsächlich und zuerst *Puccinia glumarum* bei Weizen aufgetreten ist; darauf folgte *P. dispersa*, die sich aber nur noch derjenigen Organe und Sorten bemächtigte, welche noch nicht abgereift waren. Daher sah man späte, langsam reifende Weizensorten reich-



Abb. 3. Die Weltverbreitung des Kartoffelkrebses bis zum Jahre 1920 (Wollenweber).

lichst mit *P. dispersa* und spärlich mit *P. glumarum*, die frühreifenden Varietäten aber in entgegengesetzter Weise besiedelt. Bei Lagergetreide fand sich *Pucc. graminis*.

Wollenweber[3]) gibt eine Übersichtskarte über die Verbreitung des Kartoffelkrebses (s. den II. Teil dieses Werkes) auf der Erde (Abb. 3); nach ihm werden im ganzen gegenwärtig auf der nördlichen Halbkugel bis zu 2500 ha Ackerfläche krebsverseucht sein. Das einzige wirksame Mittel besteht nach W. darin, auf krebsverseuchten Flächen Sorten anzubauen, die möglichst krebsfest sind. Von deutschen Sorten sind nach den bisherigen Erfahrungen besonders zu nennen als bisher krebsfest: 1. Marktgängige: Frühsorten: Pauli (Paulsen), ähnlich Görsdorfer Niere

[1]) Eriksson, J., Sur l'origine et la propagation de la rouille des céréales par la semence. Ann. scienc. nat. 8. sér., XIV und XV. Paris 1902.

[2]) Jahresb. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz. Deutsche Landw. Ges. 1905. Getreiderost.

[3]) Wollenweber, H. W., Krankheiten und Beschädigungen der Kartoffel. 20 Tafeln. Arbeiten des Forschungsinstituts für Kartoffelbau. Heft 7, Berlin, Paul Parey 1923, S. 18, Tafel VI.

(Rösicke) und Kaiserniere (Thiele), beide fast krebsfest; Mittelspäte: Jubel (Richter), Arnika, Pepo, Hindenburg (v. Kameke); 2. Ältere Sorten: Nephrit (Cimbal) und Zeppelin (Richter).

Daß die ganze Summe der klimatischen Eigentümlichkeit die Entwicklung der Pflanzen beinflußt, beweisen die zahlreichen Forst- und Gartenkulturen fremdländischer Gehölze. Sehr häufig kann man bei diesen beobachten, daß sie Jahrzehnte lang, oft gar ein Jahrhundert (wie z. B. *Tsuga Canadensis*) wachsen, ohne daß man irgendeine spezifische Krankheit an ihnen entdecken kann. Dabei erreichen sie aber anscheinend nirgend bei uns auch nur annähernd die Größe und die Pracht, die sie in ihrer Heimat gewöhnlich haben.

4. Kontinental- und Seeklima.

Viele der klimatischen Eigentümlichkeiten, die bei der Besprechung der großen horizontalen Differenzen erwähnt wurden, für Europa namentlich die Verschiedenheit westlicher und östlicher Gebiete gleicher Breite, sind im wesentlichen bereits auf die Wirkungen des Kontinental- und Seeklimas zurückzuführen. Bei der großen Wichtigkeit für das Pflanzenleben und damit der Kultur sei diesen Dingen noch ein besonderer Abschnitt gewidmet.

Das charakteristische Merkmal der von dem Meere beeinflußten Gegenden besteht in den geringen Schwankungen zwischen Sommer- und Wintertemperaturen, da die Sommer länger und kühler, die Winter wärmer sind. Unter dem Einfluß des Atlantischen Ozeans sehen wir das Frühjahr zeitiger eintreten, den Herbst länger währen als in den Gegenden mit Kontinentalklima. Doch ist der Effekt auf die Vegetation trotz des früheren Anfangs nicht der erwartete; denn die Blütezeit der Pflanzen ist bei der geringeren Frühjahrswärme höchstens wenige Wochen früher und die Fruchtreife ist kaum früher, ja verzögert sich sogar manchmal. Man denke an den in England trotz des langen Sommers im Freien nicht mehr reifenden Wein. Die Luft ist das ganze Jahr feuchter, und in den Übergangszeiten herrschen oft länger dauernde starke Nebel.

Wie groß der Einfluß des Kontinental- und Seeklimas auf die heimische Vegetation ist, zeigt die natürliche Pflanzenverbreitung in einem sonst so monotonen Gebiete, wie es das norddeutsche Flachland ist. Eine der charakteristischsten Vegetationsformationen, die Calluna-Heide, findet sich in großer Ausdehnung im nordwestdeutschen Flachlande in dem Hauptgebiete des atlantischen Klimas mit kühleren Sommern und feuchtwarmen Wintern. Entsprechend den klimatischen Verhältnissen tritt sie wieder in größerer Ausdehnung in der Lausitz auf und begleitet in einem schmalen Streifen die Ostseeküste, stets an den Mündungsgebieten der großen Flüsse unterbrochen. Diesen Heidegebieten sind eine ganze Anzahl von Pflanzenarten eigentümlich, die, im Nordwesten verbreitet, nach Südosten bald ihre Grenze erreichen, wie auf der Karte Abb. 4 ersichtlich (als Charakterpflanze sei der Gagelstrauch, *Myrica gale*, genannt). Auf der anderen Seite finden sich im südöstlichen Teile viel zahlreichere Pflanzenarten, die mehr oder weniger weit nach Nordosten vorstoßend, fast parallele Nordwestgrenzen erreichen, die ebenfalls den Südostgrenzen der atlantischen Arten im wesentlichen parallel laufen. Diese südöstlichen Pflanzen sind Ausstrahlungen der steppenartigen Flora des östlichen Binnenlandes, also Vertreter des typischen Kontinentalklimas.

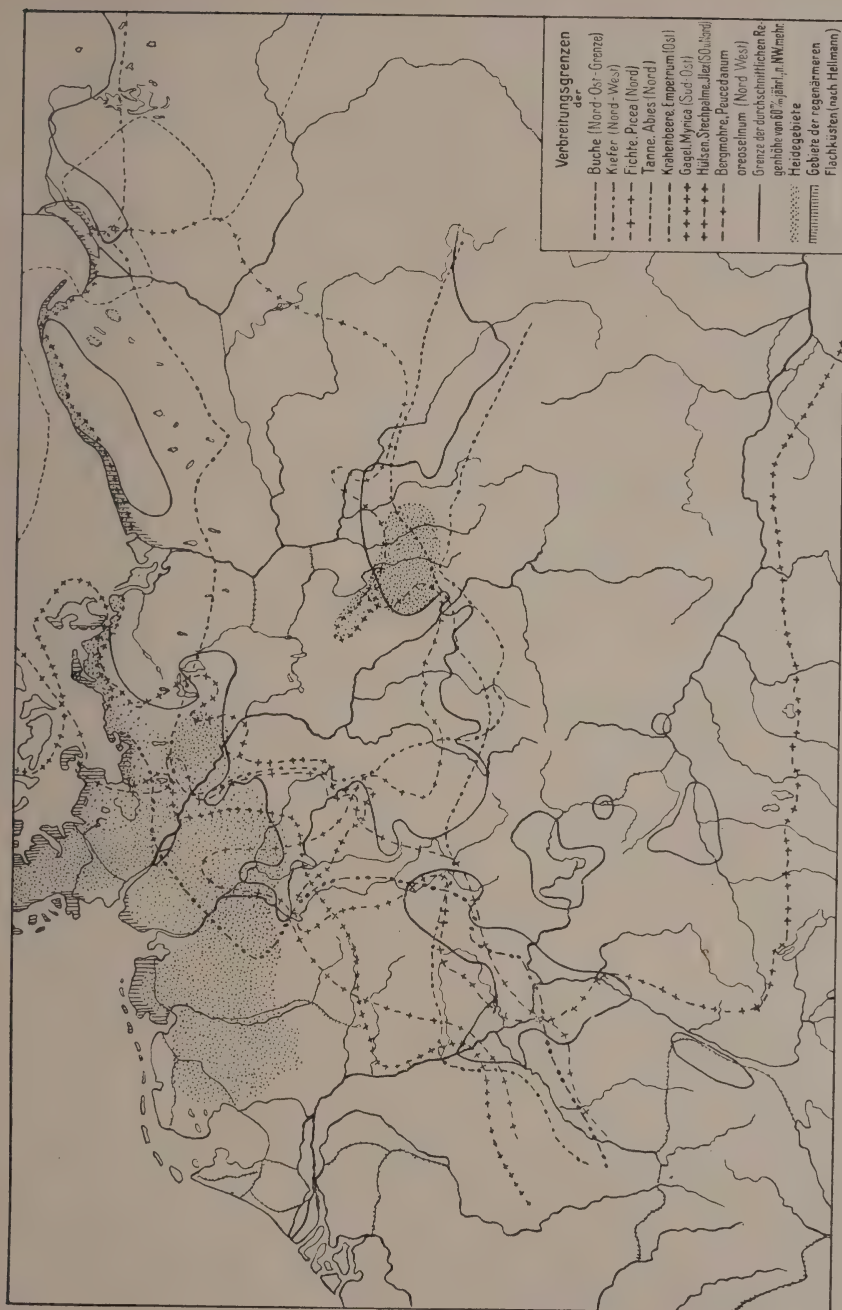


Abb. 4. Pflanzenverbreitung in Norddeutschland (nach Graebner).

Das Haupthindernis für die nordwestlichen Arten des Seeklimas für ihr Vordringen nach Südosten ist die trockene Hitze des Sommers, die es z. B. dem Heidekraut *Calluna* schon bei Bromberg nicht mehr möglich macht, unter freiem Himmel zu gedeihen, und die starke bis

unter —30° sinkende Winterkälte. Die feuchten Herbst- und Frühjahrs- bzw. auch Wintermonate setzen den südöstlichen Pflanzen neben den kühleren Sommern eine Grenze nach Nordwesten. Besonders sind es die jungen Pflanzen, die Keimpflanzen, die diese Witterung nicht ertragen. Manche der Arten, z. B. einige der in Nordwestdeutschland schon gänzlich fehlenden Nelken (*Dianthus*-Arten), gedeihen z. B. dorthin verpflanzt, anscheinend ganz ohne Schaden, aber trotz reichlicher Samenentwicklung trifft man keinen Nachwuchs an. Die aufgehenden Keimlinge werden langgliederig und fallen „mit schwarzen Beinen" um. Manche Arten des Kontinentalklimas, namentlich solche, die zum Winterschutz mit trockenen Blättern (mit „Tunica") oder mit Filz umgeben sind, faulen regelmäßig im feuchten Winter des Nordwestens mehr oder weniger stark an.

Daß diese klimatischen Eigentümlichkeiten der wilden Flora auch auf die gärtnerischen Kulturmethoden von Einfluß sein müssen, liegt auf der Hand. Es sei hier nur an die verschiedenartige Behandlung der Formen unserer Gartennelke (*Dianthus caryophyllus*) erinnert. Im Osten sieht man sie oft massenhaft in den Bauerngärten; der Samen wird im Frühjahr einfach in das freie Land gesät und die jungen Pflanzen dann an Ort und Stelle versetzt. Im Nordwesten hat man allerlei Schwierigkeiten. Die Saatkästen müssen luftig unter Glas gebracht werden, und auch Stecklinge sowie alte Pflanzen bedürfen des Schutzes gegen die winterliche Fäulnis.

Die großen Schwankungen der Feuchtigkeit und Temperatur[1]) bei dem Kontinentalklima gegenüber einem gleichmäßig feuchten Küstenklima kommen zum Ausdruck. Von Haberlandt angeführte Anbauversuche[2]) ergaben in dieser Beziehung folgende Erfahrungen: Das aus feuchten Klimaten bezogene Saatgut liefert verhältnismäßig mehr Stroh, aber weniger Körner; das Getreide ist auch leichter dem Lagern unterworfen. Dagegen kann man bei Saatgut aus trockenen Gegenden mit kurzem Frühjahr und heißem, trockenem Sommer die Produktion geringerer Stroh-, aber reicherer Körnererträge beobachten, und Pflanzen von solchem Saatgut widerstehen besser der Trockenheit. Bei Samenwechsel ist der Bezug aus Ländern mit kontinentalem Klima vorteilhafter; die dort herrschenden harten Winter beeinflussen das Körperprodukt in der Weise, daß die aus demselben entstandenen Pflanzen weniger der Gefahr des Auswinterns ausgesetzt sind als solche, die aus dem feuchteren Westen mit seinem milderen Winter nach Osten verpflanzt werden.

Das Kontinentalklima bringt kleine, aber spezifisch schwere Körner hervor, während ein kühler und feuchter Sommer oder künstliche, reiche Wasser- und Nährstoffzufuhr zwar das Korn vergrößern, aber den Inhalt gleichsam lockern, indem an Stelle der glasigen Beschaffenheit die mehlige, verbunden mit abnehmendem spezifischem Gewicht und abnehmendem Stickstoffgehalt, auftritt (vgl. S. 85).

Wichtig für den Samenwechsel ist endlich die Beobachtung, daß Wintergetreide, aus Gegenden über dem 45. Breitengrad stammend, bei uns im Frühjahr angebaut, in demselben Jahre nicht mehr zum Schossen

---

[1]) Während die Mitteltemperaturen von Ostpreußen z. B. nur etwa um 1° niedriger sind als die von Ostfriesland, sinkt hier das durchschnittliche Winterminimum kaum auf —10°, in Bromberg dagegen bereits auf —36°.

[2]) Fr. Haberlandt, Über die Akklimatisation und den Samenwechsel. Österr. landw. Wochenbl. 1875, Nr. 1.

gelangt, daß dagegen solches, aus niederen Breiten bezogen, bei uns in den meisten Sorten sich wie Sommergetreide verhält.

In den Tropen erlangen die Temperaturdifferenzen auf dem Lande und zwischen Land und See eine erhöhte Bedeutung. So berichtet beispielsweise Fesca[1]) betreffs der starken Erwärmung des Landes bei direkter Bestrahlung gegenüber dem Meer, daß die Temperatur der tropischen Meere selten mehr als 30° C beträgt, während das Gestein sich auf 60 bis 70° C erhitzt. Pechuel-Loesche beobachtete an der Westküste von Afrika in 5° südlicher Breite zwischen 1. Januar und 4. März nicht weniger als sechsunddreißigmal eine Bodentemperatur über 75° C. Demgegenüber aber stehen nächtliche Abkühlungen auf 15° C und weniger. Tagesschwankungen der Bodentemperatur von 30 bis 40° C werden in den Tropen häufig sein, Ascherson beobachtete in der Libyschen Wüste am Tage eine Lufttemperatur von 27° C bei entsprechender Bodenerhitzung, der eine Nachttemperatur von —4° folgte, wogegen die Tagesschwankungen des Meeres höchstens 1° C betragen dürften.

Infolge der verschiedenenen Erwärmung von Land und Meer muß am Tage bei der intensiven Bestrahlung über dem Lande ein Minimum entstehen, welchem die Luft vom Meere her zuströmt; umgekehrt in der Nacht. Diese See- und Landwinde sind bei den stärkeren Gegensätzen der Erwärmung von Land und Meer in den Tropen und Subtropen bedeutend intensiver und ein Faktor, mit dem zu rechnen ist. Die Luft über dem Meere ist nach Saito[2]) beinahe frei von Schimmelpilz-, Bakterien- und Hefekeimen, während die Luft über dem Lande (untersucht wurde Straßen- und Gartenluft in Tokyo), namentlich in feuchten und warmen Perioden, besonders keimreich ist. Der Seewind wirkt somit luftreinigend. Nach den Polen hin nehmen die Seewinde ab, da das Meer allmählich eine höhere mittlere Wärme annimmt als das Land und bei der langdauernden Belichtung auch die Tagesschwankungen des Bodens geringer werden.

Den periodischen Tageswinden entsprechen durch die starke Erwärmung der großen Kontinente aus demselben Grunde die wechselnden Jahreswinde, die Monsune, denen die Vegetation angepaßt ist.

Von der Lage zum Meer und der Höhe der Temperatur sind auch die als Regen auftretenden Niederschlagsmengen abhängig, und dementsprechend sind diese im warmen Seeklima am stärksten, im Kontinentalklima am geringsten. Den deutschen Nordseeküsten entspricht ungefähr ein Jahresmittel von 9° C. Bei 80% Sättigung würde die Luft 7,26 g Wasserdampf im Kubikmeter enthalten. Wenn sich die Luft auf 4° C abkühlt, so vermag sie nur noch 6,9 g Wasserdampf pro Kubikmeter zu halten, und es muß sich also die Differenz als Niederschlag ausscheiden. Wenn eine Tropenluft von 25° C bei derselben Sättigung (80%) sich befindet, enthält sie 18,48 g Wasserdampf und scheidet bei einer Abkühlung um 5° C 1,18 g Wasser pro Kubikmeter aus. Diese Niederschlagsmenge beträgt also mehr als das Dreifache von der von derselben Temperaturerniedrigung betroffenen Luft von 9° C an den Nordseeküsten. Daraus erklären sich die starken tropischen Regenfälle und namentlich die starke Taubildung, die stellenweise als einzige Wasserquelle für eine gewisse Zeit in heißen Klimaten ausreichen muß.

---

[1]) Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. S. 23.

[2]) Saito, Untersuchungen über die atmosphärischen Pilzkeime. Journ. College Sc. Tokyo XVIII.

So wenig bei Anbauversuchen die Bodenanalysen und die Temperaturmittel einen irgend genügenden Einblick in eine etwaige Nährstoffverwertung seitens der Kulturpflanzen bieten, ebensowenig kann der jährliche Regenfall einen Anhalt über die Feuchtigkeitsverhältnisse einer Gegend geben. Denn es kommt wesentlich auf die Bodenverhältnisse und die Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Monate an. Die Wüste Sahara empfängt in einem großen Teile ihres Gebietes die gleiche oder eine größere Regenmenge, die für Deutschlands Ackerbau als ausreichend gilt (60 cm), ohne daß dort ein wesentliches Ergebnis erzielt würde. Denn auf einem stark erhitzten Boden verdunstet die größte Menge der Feuchtigkeit sofort. Die erwünschteste Verteilung der Regen in den Tropen ist nicht die gleichmäßig über das ganze Jahr sich erstreckende, sondern diejenige, die bei uns besteht, nämlich daß zu Beginn der Vegetationszeit eine Periode reichlicher Niederschläge sich einstellt und dann eine Zeit der Trockenheit folgt. In der Regenzeit reichliche Bewölkung trägt zur Herstellung der kühleren Temperatur, die zur Entfaltung der vegetativen Organe besonders günstig ist, wesentlich bei.

Im Seeklima ist die Bewölkung stärker als im Kontinentalklima. In den Gebieten großer Lufttrockenheit, wie z. B. im Mittelmeerbecken, sind mehrfach im Jahresmittel nur 20%, in den trockensten Monaten oft nur 19% des Himmels bewölkt, in den feuchten Tropen nicht selten mehr als 80%. Da aber die Bewölkung die Bestrahlung und Ausstrahlung vermindert, so muß in den niederen Breiten eine Erniedrigung, in den höheren Breiten eine Erhöhung der Temperatur stattfinden. Temperaturerniedrigung und Bewölkung sind für manche Kulturen ein Bedürfnis und dürfen nicht außer acht gelassen werden, und wir glauben beispielsweise mit Zimmermann[1]), daß manche Erkrankungen in den Kaffeeplantagen, namentlich das übermäßige Fruchttragen, auf die mangelnde Berücksichtigung des Schattenbedürfnisses zurückzuführen sind. Ebenso möchten wir glauben, daß die reichlichen Pilzkrankheiten, die seit Beginn der Teekultur im Kaukasus in einem Zeitraum von 15 Jahren aufgetreten[2]), zum Teil in den Abweichungen des kaukasischen Klimas von dem der Heimat des Tees ihren Grund haben.

Je mehr wir Beweise dafür sammeln, daß der Organismus sich den klimatischen Faktoren anpaßt, desto mehr werden wir von der Fehlerhaftigkeit der Anschauung überzeugt werden, daß man straflos die klimatischen Sippen, die sich bei jeder Kultursorte bilden, beliebig verschieben könne. Wenn auch die Gesamtsummen der klimatischen Faktoren in zwei räumlich weit entfernten Örtlichkeiten übereinstimmen mögen, so ist damit noch keine Garantie für das gleichgute Gedeihen in der neuen Heimat gegeben, da die Verteilung von Licht, Wärme und Feuchtigkeit auf die einzelnen Wachstumsperioden sich ganz verschieden erweisen kann. Die zahlreichsten Beweise liefern die Erkrankungen derjenigen Neuholländer- und Kappflanzen, die, einem trockenen Klima angepaßt, den Winter in unseren sonnenarmen, feuchten Glashäusern zubringen müssen. Stamm- und Wurzelfäule, Zweigsterben durch *Botrytis* usw. schädigen die Kulturen in jedem Jahre bedenklich. Das sog. Abstocken

---

[1]) Zimmermann, Sonderberichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. I, Heft 5. 1903.

[2]) Speschhew, Travaux du jardin bot. de Tiflis VII, 1. Verhandl. d. Internat. landwirtsch. Kongresses in Rom 1903.

der Triebe von *Pimelea*, *Chorizema*, *Pultenaea*, *Correa*, *Boronia*, *Agathosma* und *Borosma*, von *Helichrysum*, *Humea* u. dgl. ist eine Folge der nicht zu überwindenden großen Luftfeuchtigkeit in unseren Vegetationshäusern. Die typischsten Bewohner kontinentaler Klimate, wie manche wüstenbewohnenden Kakteen und besonders die südwestafrikanische *Tumboa Bainesii* (*Welwitschia mirabilis*), gelang es trotz aller Mühe bisher nicht, längere Zeit bei uns lebend zu erhalten.

Sicher durch klimatische Verhältnisse, in erster Linie durch kontinentales Klima veranlaßt sind:

Glasige Getreidekörner (s. S. 82).

Glasig nennt man diejenigen Getreidekörner, deren Endosperm hart, fast durchscheinend und im Querschnitt grau oder rötlich gefärbt ist, während bei den gewöhnlichen mehligen Körnern das Endosperm weich, weiß, porös und leichter zerreiblich erscheint.

Das Glasigwerden der Körner pflegt häufiger im Norden und Osten Europas als in den westlicheren Teilen aufzutreten, was auf einen Einfluß der Lufttrockenheit bei hoher Lichtintensität hinweist. In den feuchteren westlichen Regionen erlangen die vegetativen Organe ein größeres Übergewicht. So gibt beispielsweise Liebenberg[1]) an, daß die sonst ausgezeichnete nordische Gerste zwei Nachteile besitze, nämlich einen zu großen Prozentsatz glasiger Körner und eine zu dunkle Färbung, die vom Beregnen des erntereifen Getreides herrühre. Diese Regengüsse zur Erntezeit beeinflussen natürlich nicht mehr die Kornausbildung, welche in eine meist trockene Periode langer Tage fällt. Bei der langen Lichtwirkung werden auch die Roggensorten intensiv gefärbt. Derselbe Autor berichtet, daß bei der Getreideausstellung in Schweden die Haferproben durchschnittlich nur 22,66 bis 32,04 % Spelzengewicht besaßen, während dasselbe bei österreichischen und französischen zwischen 25,23 % und 38,37 % schwankte. Im allgemeinen kann die Ansicht von Haberlandt[2]) als gültig anerkannt werden; derselbe spricht aus, daß ein kontinentales Klima glasige Körner erzeuge, daß dagegen kühle, feuchte Sommer oder künstlicher Nährstoff- und Wasserreichtum mehlige, spezifisch leichtere und stickstoffärmere Getreidekörner produzieren.

Der glasige Zustand des Getreidekornes besteht nach den von Grönlund[3]) an mehliger und glasiger Gerste angestellten Untersuchungen darin, daß die stärkehaltigen Zellen des Sameneiweißes bei dem mehligen Korne die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stärkekörnchen mit Zellsaft erfüllt zeigen, während die glasigen Körner diese Zwischenräume mit Protoplasma ausgefüllt besitzen. Die Arbeit von Johannsen[4]) nimmt einen größeren Luftgehalt in der ganzen Masse des Kornes und nicht bloß zwischen den Wänden bei den mehligen Körnern an. Bei der Keimung wird das glasige Korn zu einem mehligen. Nach Grönlund, der übrigens keine Beziehung zwischen Witterung und Entstehung des glasigen Zustandes anerkennt, keimen glasige Körner

---

[1]) v. Liebenberg, Bericht über die allgemeine nordische Samenausstellung usw., 1882.

[2]) Haberlandt, Die Abhängigkeit der Ernten von der Größe und Verteilung der Niederschläge. Österr. landw. Wochenbl. 1875, S. 352.

[3]) Nach einer Preisschrift des Verf.; vgl. Jahresbericht f. Agrikulturchemie, XXIII (1880), S. 214.

[4]) Allg. Brauer- und Hopfenzeitung, 1884, Nr. 78, 79.

leichter und besser und geben kräftigere Pflanzen. Obgleich der Verfasser auch von stark stickstoffhaltigem Boden glasige Körner als unbestreitbar annimmt, so glaubt er doch, daß magerer, sandiger, schlecht kultivierter Boden diese eigentümliche Bildung viel sicherer erzeugt. Bei reiner Kalidüngung sah er ein mehliges Korn entstehen. Übrigens kommen beide Formen in verschiedenen Übergängen bisweilen in derselben Ähre vor. Bei der Entstehung glasiger Körner nahm Sorauer an, daß im sandigen, schnell trocknenden Boden der Prozeß der Stärkebildung abgekürzt wird, und da Kali das Korn mehlig macht, so war er geneigt, eher zu glauben, daß die Leistung des Kali zu früh beschränkt wird, und zwar dadurch, daß andere Prozesse, nämlich die Reifevorgänge, zu früh und intensiv eintreten. Dies wird bei starker Licht- und Wärmewirkung um so früher geschehen, je weniger Wasser vorhanden ist. Für die Ansicht eines Überwiegens des Reifeprozesses zur Zeit, wo noch Mehlbereitung stattfinden sollte, spricht auch die Mitteilung von Sanio[1]), daß man in Ostpreußen das Glasigwerden des Weizens dem Umstande zuschreibt, daß er überreif auf dem Halme wird. Analytisch gestützt findet sich diese Ansicht durch die Untersuchungsergebnisse von R. Pott[2]), der bei vier glasigen Weizensorten einen durchschnittlich höheren Prozentsatz an Asche fand als bei mehligen Körnern. Die Körner haben durch die schnelle Reife eben ihre Mineralstoffe nicht vollkommen zur Bildung der organischen Substanz ausgenutzt. Man vergleiche auch die hohen Prozentsätze der Körner an Stickstoff bei Haferpflanzen, die durch Wassermangel oder Wasserüberschuß verkümmerten (s. Kap. „Wasserüberschuß").

Man dürfte über die Natur der glasigen Körner sich am leichtesten klar werden, wenn man die Untersuchungen von Petri und von Johannsen[3]) berücksichtigt. Ersterer gab bereits im Jahre 1870 an, daß glasige Körner durch Aufweichen in Wasser mehlig werden können; letzterer bestätigt diese Beobachtung. Es wurden 200 Kilo Gerste zur Hälfte mit Wasser befeuchtet, bis sie 15% aufgenommen hatten, darauf getrocknet, ausgebreitet und gewendet, bis wieder das ursprüngliche Gewicht erreicht war. Der Prozentsatz an mehligen Körnern war jetzt 50, während er im ursprünglichen Material nur 19 betrug. Bei Kulturversuchen wurde gefunden, daß bei früher Aussaat eine stickstoffärmere, mehligere Gerste sich ausbildete, während bei späterer Saat das Ernteprodukt stickstoffreicher ausfiel. Diese Erfahrung weist darauf hin, daß man im Glasigwerden der Körner nur eine mechanische Verschiedenheit zu erblicken hat, die sich ausbildet, wenn die Zeit der Kornreife durch Wassermangel bei Licht- und Wärmeüberschuß sehr abgekürzt wird. Ein allmählicher Reifeprozeß läßt dem Korn längere Zeit zur Ausbildung eines vermehrten Stärkevorrats unter Beibehaltung eines größeren Wassergehaltes der Substanz, der später durch Luft teilweise ersetzt wird. Dies bezieht sich namentlich auf das Protoplasma in den Endospermzellen. In diesem liegen die Stärkekörner eingebettet. Bei schnellem Reifen kittet das Plasma sich dicht um die Körner, und das Korn erscheint glasig. Bei langsamerer Reife und größerem Wassergehalt baut sich die Zelle lockerer, indem zwischen den Stärkekörnern mehr Zellsaft und später Luft vorhanden ist; und dann

[1]) Botanisches Centralbl., 1880, S. 310.
[2]) Jahresbericht f. Agrikulturchemie, 1870—72, II, S. 5.
[3]) Johannsen, Bemerkungen über mehlige und glasige Gerste (Ugeskrift for Landsmænd), 1887, ref. Biederm. Centralbl., 1888, S. 551.

ist bei größeren, lufterfüllten Interzellularräumen das Korn undurchscheinend und mehlig. Je mehr das Protoplasma überwiegt, desto mehr Neigung zur Glasigkeit, und deshalb sind auch normalerweise, wie z. B. bei dem Maiskorn, die äußeren Lagen des Samenkorns glasig und die inneren mehlig. Diese Verhältnisse erklären die Beobachtungen von Schindler[1]), daß im Weizenkorn mehlige und glasige Partien abwechseln können.

Die oben mitgeteilte Erklärung für das Zustandekommen der Glasigkeit erhält eine Bestätigung durch die Versuchsresultate, die von der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft erhalten worden sind[2]). Der Bericht teilt mit: Die Glasigkeit der Körner hängt mehr von den Wachstumsbedingungen als der Sorte ab. Glasiger sind die Sorten mit kürzerer Vegetationsdauer, wie Lupitzer, Strubes begrannter und Galizischer Kolben- im Vergleich zu Schlanstedter- und Noe-Weizen. Die Ertragfähigkeit der Sorten steht im allgemeinen im umgekehrten Verhältnis zur Glasigkeit ihrer Körner.

5. Einfluß des Waldes.

Der Einfluß der Lage des Standortes auf die Vegetation wird lokal modifiziert durch die Bewaldung, und diesem Punkte hat die Pathologie eine erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Der Wald ähnelt in seinem Einfluß größeren Wasserflächen, da seine Blattmassen stark verdunsten. Die Sommerhitze wird also durch Wald gemildert. Bei der reichlichen Verdunstung wird die Luft um so feuchter sein, je dichter der Bestand und je geringer die Luftbewegung ist. Die Moosbildung in den Wäldern hält das Regen- und Schmelzwasser zurück und verhindert oder mildert, wie schon bemerkt, bekanntermaßen die regelmäßigen Frühjahrs- und Sommerüberschwemmungen.

Die Baumkronen fangen den Regen auf und halten ihn teilweise fest, der Rest fällt zu Boden oder rinnt an den Stämmen abwärts, wird vom Moos oder selbst vom dürren Laub des Laubwaldes an der Bodenoberfläche oder der Krume zurückgehalten und kommt zum Teil der Vegetation zugute. Einige positive Zahlen über die hier theoretisch erörterten Verhältnisse entnehmen wir dem „Illustrierten Forst- und Jagdlexikon" von Fürst[3]). Gestützt auf die Beobachtungen der forstlichen meteorologischen Stationen, wird angegeben, daß die Lufttemperatur im Jahresdurchschnitt unter dem geschlossenen Kronendach der Bestände etwa 0,8° C niedriger als im Freien ist. Die Differenz ist im Sommer am größten (bis 3° C), während sie im Frühling und Herbst dem Jahresdurchschnitt gleichkommt und im Winter fast verschwindend ist. „Die Temperaturschwankungen sind unter dem Kronenschirm geringer als im Freien."

Die Temperatur des bewaldeten Bodens ist zu allen Jahreszeiten um 1 bis 3° C niedriger als diejenige im Freilande. Die absolute Feuchtigkeit ist im Walde und im Freien nicht wesentlich verschieden, dagegen wegen der niedrigeren Temperatur die relative Feuchtigkeit im Walde

[1]) Schindler, Lehre vom Pflanzenbau auf physiologischer Grundlage. Wien 1896.

[2]) Mitteilungen der Saatzuchtstelle über wichtige Sortenversuche. Saatliste vom 6. Dez. 1904. Deutsche Landwirtsch.-Ges.

[3]) Illustriertes Forst- und Jagdlexikon, II. Aufl. Herausg. Dr. Hermann Fürst. Berlin 1904, Paul Parey. S. 384.

während des Winters, Frühjahrs und Herbstes um 4 bis 8%, im Sommer um 12 bis 20% höher als im Freien. Die Verdunstung einer freien Wasserfläche ist im Walde um 50 bis 60% geringer als im freien Lande; „die Verdunstung des Wassers aus dem Boden wird um 80 bis 90% herabgesetzt". Von den Niederschlägen werden je nach Holzart, Alter und Schluß der Bestände sowie der Stärke des Niederschlags 10 bis 50% von den Baumkronen zurückgehalten, bei schwachem Regen vielfach 100%; im allgemeinen gelangen 60 bis 80% an den Waldboden. „Im mittleren Europa wird durch den Bestandesschluß die Jahres- und die Sommertemperatur um 1 bzw. 2 bis 3° C erniedrigt, die relative Feuchtigkeit um etwa 5% bzw. 15% erhöht."

Da man die Größe der Fernwirkung von ausgedehnten Waldungen noch nicht festgestellt hat, so bleibt die Frage des Einflusses der Bewaldung auf das Klima offen; aber eine Wirkung des Waldes auf seine unmittelbare Umgebung wird nicht abzuleugnen sein, und gerade diese kommt vom Standpunkt der Phytopathologie in Betracht.

Der Unterschied in der Insolation, die im Walde sehr gering, im freien Felde sehr schnell und stark durch Erwärmung des Bodens und seiner darüberliegenden Luftschichten sich geltend machen muß, wird eine ausgleichende Luftströmung erzeugen müssen, die namentlich im Frühjahr, zur Zeit des Erwachens der Baumvegetation, von großer Bedeutung werden kann.

Einen Einblick in das Leben der Waldvegetation geben die Untersuchungen von Hesselmann[1]). Er beobachtete das innerhalb der Baumkronen sich vollziehende regelmäßige Absterben der Zweige und fand, daß deren Blätter bei Esche, Birke und Eberesche noch stark, bei Haselnuß merklich weniger in assimilatorischer Tätigkeit begriffen waren. Wenn gut beleuchtete Zweige absterben, sind Korrelationserscheinungen dabei im Spiele. Die schattenertragenden Bäume bilden ausgeprägte Licht- und Schattenblätter aus; die lichtbedürftigen Bäume zeigen diese Differenz nicht. Die Assimilationstätigkeit der Bodenflora ist in den unbelaubten Baum- und Strauchbeständen im Frühling sehr lebhaft und sinkt mit der Belaubung — bei den Schattenpflanzen infolge der Blattstruktur langsamer als bei Sonnenpflanzen — bis zum gänzlichen Aufhören. Mit dem verminderten „Nahrungskonsum" sinkt auch die Atmungsintensität. Abgeschnittene Schattenblätter von *Convallaria majalis* u. a. bilden sowohl in der Sonne wie im Schatten mehr Stärke als ebenso behandelte Sonnenblätter und zersetzen bei demselben Lichtgenuß rascher Kohlensäure als diese. Übrigens erwies sich bei *Convallaria* die Stärkespeicherung um so geringer, je trockener der Boden war. Gleichgroße Blattflächen von Blättern mit Palisadenzellen transpirieren weit stärker als diejenigen, deren Blätter die Schattenblattstruktur besitzen. Über die Lichtzersetzung vgl. unten Kap. Lichtwirkungen.

Aus diesen Angaben geht deutlich hervor, welche tiefeingreifenden Änderungen in der Ökonomie der stehenbleibenden an den Schatten bisher gewöhnten Bäume durch ihre plötzliche Lichtstellung bei dem Niederschlagen von Waldpartien sich vollziehen müssen. In Parkanlagen rächt

[1]) Hendrik Hesselmann, Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Jena, Fischer, 1904. Cit. Bot. Centralbl. v. Lotsy, 1904, Nr. 49. Vgl. auch Graebner, Pflanzenwelt Deutschlands, Leipzig 1909. Warming-Graebner, Lehrbuch d. ökol. Pflanzengeogr., Berlin 1914—18.

sich eine zu starke plötzliche Auslichtung durch Entfernung zahlreicher Bäume nicht selten durch teilweises oder gänzliches Absterben der Baumkronen bei den stehengebliebenen Exemplaren. Ganze Wälder können durch einen großen Windbruch gefährdet werden. Sonne und Wind dringt in früher geschlossenen Bestand, und starke Trockenheit ist die Folge (vgl. unten bei Rohhumuswirkungen usw.).

Im Bialowieser Urwald[1]) in Litauen, dessen Fichten im Gemisch mit Laubbäumen eine Höhe bis fast 50 m erreichen, sind die stärksten bis etwa 2 m dicken Eichen meist kaum 250 Jahre alt; es sollen bis gegen 400 Jahre alte beobachtet sein, ältere jedenfalls nicht. Dies verhältnismäßig geringe Alter dieses Baumes gegenüber bis über ein Jahrtausend alten freiständigen in Mitteleuropa ist sicher auf die eigenartigen Lebensbedingungen im Urwald zurückzuführen. In dem Schutze der Waldlichtung und in der feuchten Luft des Waldes wachsen die kräftigen Exemplare mit breiten Jahresringen schnell zur Höhe der übrigen Bäume heran. Das relativ weiche Holz fault dann bald aus, und der Riese bricht vorzeitig zusammen.

Anerkannt ist ferner der Nutzen des Waldes als Windschutz, falls nicht Gebirgsrücken denselben übernehmen. Es kann der Waldsaum aber auch ein schützender Zufluchtsherd für schädliche Insekten werden. So ist mehrfach beobachtet worden, daß die Zwergzikade von trockenen Waldrändern aus ihre Überflutung der Äcker begonnen hat. Als Beispiel der Begünstigung von Krankheitserregern durch die Nähe des Waldsaumes dienen die Meldungen über größere Intensität der Erkrankung des Getreides durch *Puccinia* (namentlich wenn *Berberis* am Waldrande wächst), *Ophiobolus* und *Leptosphaeria herpotrichoides.* Ferner sind die Erfahrungen von Goethe[2]) über die Begünstigung anzuführen, welche der durch *Nectria galligena* hervorgerufene Pilzkrebs der Obstbäume durch den Standort erfährt. Die Neigung zur Krebserkrankung wird durch einen erhöhten Feuchtigkeitsgehalt der Luft begünstigt, wie ihn die oberen Lagen gebirgiger Gegenden oder auch kalte Talböden darbieten.

[1]) Graebner, Die pflanzengeographischen Verhältnisse des Bialowieser Urwaldes in Bialowies in deutscher Verwaltung, Heft 4. Paul Parey, 1918.

[2]) Goethe, Rudolph, Über den Krebs der Obstbäume. Berlin 1904, Paul Parey.

Spezieller Teil.

Erste Abteilung.

Krankheiten durch ungünstige Bodenverhältnisse.

Erstes Kapitel.

Luftarmut im Boden.

1. Die luftarmen Böden und ihre Eigenschaften.

Die Bodendurchlüftung[1]).

Es ist einleuchtend, daß die Bodenluft nicht dieselbe Zusammensetzung haben kann wie die atmosphärische Luft, denn es findet im Boden ein steter Sauerstoffverbrauch durch Atmung der lebenden Wurzeln und durch die Verwesung der organischen Substanz statt; ebenso geht auch eine physikalische Bindung (Absorption) von Gasen durch einzelne Bodenbestandteile vor sich. Anderseits werden bei der Verwesung, bei der Keimung der Samen usw. Gasmengen frei.

Von den in Betracht kommenden Gasarten interessieren uns für den vorliegenden Fall nur Sauerstoff und Kohlensäure, während Stickstoff und seine Wasserstoffverbindung, das Ammoniak, die daraus leicht hervorgehende Salpetersäure usw. mehr bei Betrachtung der chemischen Bodeneigenschaften ins Gewicht fallen.

Als Regel wird sich festhalten lassen, daß die Bodenluft wohl stets ärmer an Sauerstoff, aber meist reicher an Kohlensäure ist.

Aber abgesehen augenblicklich von der Zusammensetzung der Luft, ist die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens ungemein variabel durch ihre Abhängigkeit von den wechselnden Feuchtigkeits- und Luftdruckverhältnissen u. dgl. Einen Einblick in diese Abhängigkeit gewähren die Untersuchungen von Renk[2]); aus denselben ergibt sich, was allerdings von vornherein zu erwarten, daß, wenn Luft unter gleichem Drucke durch verschieden hohe Schichten des gleichen Materials sich bewegt, so ist (bei einer Geschwindigkeit bis zu 0,062 m pro Sekunde) die ausströmende Menge derselben umgekehrt proportional der Höhe der Schichten. Auch ist die Weite der Poren von wesentlichem Einfluß auf die Größe der Permeabilität des Bodens, und zwar so, daß beim Vergleiche zweier Bodenarten von verschiedener Korngröße durch gleiche Volumina mit gleichem Querschnitt unter gleichem Druck und bei ganz gleichem Poren-

---

[1]) Über das Porenvolumen usw. vgl. Ramann, Bodenkunde, 3. Aufl., 1911, S. 309ff.

[2]) Aus Zeitschrift für Biologie 1879 usw., vgl. Jahresbericht für Agrikulturchemie 1879, S. 38.

volumen Luftmengen hindurchtreten, welche um das 20000fache verschieden sein können.

Besonders beachtenswert ist das Resultat, daß die Permeabilität durch die Bodenlockerung in um so höherem Grade vergrößert wird, je feinkörniger der Boden ist; dagegen wird die Durchlässigkeit um so mehr herabgesetzt, je mehr Wasser im Boden ist; je größer die Wasserkapazität, desto größer ist die Veränderung in der Permeabilität. Letztere Eigenschaft wird auch in gefrorenem Boden vermindert, nicht nur infolge der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, sondern auch dadurch, daß das Wasser in gefrorenem Zustande in den Poren nicht mehr beweglich ist.

In den Möllerschen[1]) Untersuchungen zeigt sich die Verschiedenartigkeit einzelner Bodenbestandteile in ihrem Verhalten gegenüber der Kohlensäure. Die organischen Substanzen werden hierbei ausschlaggebend, indem sie eine stete Quelle der Kohlensäure darstellen, die nur dann fast versiegt, wenn der Sauerstoff zur Oxydation fehlt. Durch die organische Substanz wird also die Luftzusammensetzung sehr wesentlich geändert werden; je reicher der Boden an solcher Substanz, desto reicher ist er durchschnittlich an Kohlensäure. In rein mineralischen Böden ist die Luft nicht viel sauerstoffärmer als die atmosphärische. Kommt dieselbe in humose Schichten, so nehmen diese nach Möller Kohlensäure auf. Quarz besitzt diese Fähigkeit nicht. Der Ton erschwert in hohem Grade den Austritt der Kohlensäure, deren Entstehen übrigens auch an einen gewissen Grad von Feuchtigkeit gebunden ist.

In absolut trockenem Boden ist die Luft nicht reicher an Kohlensäure als die atmosphärische; wird aber ein vorher trockener humoser Boden reichlich gewässert, dann stellt sich eine rapide, vorübergehende Steigerung im Kohlensäuregehalt der Bodenluft ein. Verdunstet die Bodenfeuchtigkeit, so wird ein Teil der von ihr absorbierten Kohlensäure frei und bereichert die Bodenluft.

Kehren wir nach dieser Abschweifung über die Qualität der Bodenluft zu deren quantitativen Schwankungen zurück.

Dieselben Fragen wie Renk behandelt auch Ammon[2]), der betreffs der Einwirkung der Temperatur auf den Durchlüftungsprozeß zu dem Resultat kam, daß bei steigender Temperatur die Permeabilität des Bodens für Luft abnimmt. Einen genaueren Einblick in die verschiedene Durchlässigkeit der verschiedenen Bodenarten gestattet die folgende Tabelle. Bei 40 mm Wasserdruck und 50 cm Höhe der Schicht beobachtete Ammon in einer Stunde durchgegangene Luft in Litern:

bei Lehm	(Pulver)	1,62 L.
Kaolin		2,84 L.
humoser Kalksand		3,32 L.
Kreide		3,78 L.
reiner Kalksand	bis 0,25 mm Korngröße	4,24 L.
Torf		5,04 L.
Quarzsand		16,80 L.

---

[1]) Mitteil. d. forstl. Versuchswesens in Österreich, vgl. Jahresber. f. Agrikulturchemie 1879, S. 39.

[2]) Ammon, Georg, Untersuchungen über die Permeabilität des Bodens für Luft. Forsch. a. d. Geb. d. Agrikulturphysik 1880, Heft 3. Centralbl. v. Biederm., 1880, S. 706.

gekrümelter Lehm	0,25—0,50 mm Korngröße	30,90 L.
Quarzsand		41,04 L.
Quarzsand	0,50—1,0 mm Korngröße	92,24 L.
gekrümelter Lehm		123,75 L.
Quarzsand	1,0 —2,0 mm Korngröße	287,57 L.
gekrümelter Lehm		420,16 L.

Besonders deutlich ist aus diesen Zahlen der Vorteil der Krümelung bei schwer durchlässigen Bodenarten zu ersehen. Der gekrümelte Lehm hat hier den grobkörnigsten Sandboden übertroffen; aber Lehmpulver kann schon in geringen Beimengungen zu Quarzsand die Durchlüftungsfähigkeit außerordentlich beeinträchtigen. Bei Versuchen Sorauers, bei welchen in eine Sandsäule eine Lehmschicht eingefügt worden, ließ sich erkennen, daß die Dicke dieser Schicht (also im allgemeinen des feinstkörnigen Materials) bestimmend auf die durchtretende Luftquantität einwirkt. Daß die Feuchtigkeit des Bodens hindernd auf seine Durchlässigkeit für Luft wirkt, ist bereits oben von Renk angegeben worden; indessen fand Ammon, daß eine geringe Anfeuchtung die Permeabilität erhöht, und er erklärt sich diesen Umstand durch eine unter solchen Umständen eintretende Krümelbildung des Sandes.

Auch der Wassergehalt der in den Boden eindringenden Luft wirkt bestimmend auf die Geschwindigkeit ihres Eindringens. Die bisher mitgeteilten Resultate beziehen sich auf trockene Luft; solche ist in feuchtem Boden leichter beweglich als die feuchte Luft. Ganz besonders wichtig ist für unsere Kulturländereien die Bedeckung des Bodens. Es ist nicht gleichgültig, ob eine dichte Pflanzendecke auf dem Boden sproßt oder eine Stroh- resp. Düngerdecke das Eindringen der Luft verwehren. Letztere bieten geringeren Widerstand als die erstere.

Die beiden angeführten Arbeiten von Renk und Ammon gestatten einen genügenden Einblick in die Hindernisse, die einerseits die verschiedenen Bodenarten und anderseits bei derselben Bodenart, die vorhandene Struktur usw. der Luftzirkulation entgegenstellen. Von diesen Hindernissen wird auch die Zusammensetzung der Bodenluft abhängen; es ist einleuchtend: da die beiden hier in Betracht kommenden Hauptfaktoren der Bodenluft im wesentlichen zwei verschiedenen Quellen entstammen (Sauerstoff der Atmosphäre, Kohlensäure dem Boden), daß sich in vielen Beziehungen ein Antagonismus herausstellen wird, indem die Bedingungen, welche den Kohlensäurereichtum begünstigen, der Sauerstoffzufuhr hindernd in den Weg treten.

Die Stärke der Bodenventilation muß daher in der Zusammensetzung der Luft ihren Ausdruck finden, und diese Luftzusammensetzung wird sich durch die Messung des einen Faktors, der Kohlensäure, schon annähernd beurteilen lassen.

Nach Salger[1]) erscheinen die tieferen Bodenschichten reicher an Kohlensäure als die oberflächlichen. Vorausgesetzt ist eine gleiche Verteilung der organischen Substanz, der Hauptquelle für Kohlensäure im Boden. Je schneller ein Luftwechsel stattfinden kann, desto geringer wird die Anhäufung der Kohlensäure sein; dies zeigen die Versuchsergebnisse, welche nachweisen, daß die Kohlensäuremenge in den oberen Schichten durch die Ventilation um ein bedeutendes verringert wird.

---

[1]) Vgl. Jahresbericht für Agrikulturchemie 1880, S. 25.

Wenn auch alle Beobachter darin miteinander übereinstimmen, daß der Reichtum organischer Substanz ausschlaggebend für die Menge der im Boden sich entwickelnden Kohlensäure ist, so ist dies aber nur so lange der Fall, als Sauerstoff aus der Atmosphäre genügenden Zutritt hat. Fehlt derselbe, so hört zwar die Bildung der Kohlensäure nicht gänzlich auf (nach Wollny, Versuchsstationen, 1880, S. 373ff.), wird aber sehr herabgedrückt und wahrscheinlich nur noch, wie Schlösing vermutet, auf Kosten des in der organischen Substanz vorhandenen oder durch die Reduktion von Mineralbestandteilen disponiblen Sauerstoffs langsam weitergeführt. In rein mineralischen Böden ist, wie erwähnt, die Luft nicht viel sauerstoffärmer als die atmosphärische. Mit dem Wassergehalte des Bodens steigt die Kohlensäuremenge, solange die Menge der von den Poren eingeschlossenen Luft nicht eine solche Veränderung erleidet, daß der Zerfall der organischen Stoffe wegen Sauerstoffmangel beeinträchtigt wird[1]). Ebenso veranlaßt die Erhöhung der Temperatur bis zu einer gewissen Grenze eine Steigerung des Kohlensäuregehaltes, der auch mit der Feinheit der Bodenpartikelchen zunimmt. In krümeligem Zustande ist der Boden bedeutend ärmer an Kohlensäure als im pulverförmigen, und ebenso nimmt der Gehalt zu, wenn der Ackerboden in einen dichteren Zustand versetzt wird. Temperatur und Bodenfeuchtigkeit müssen sich zu einer Gesamtwirkung vereinigen. Der Einfluß der Temperatur kann unter Umständen beeinträchtigt oder aufgehoben werden, wenn nicht genügende Mengen von Wasser im Boden enthalten sind; umgekehrt läßt sich die Abhängigkeit der Kohlensäureproduktion von der Bodenfeuchtigkeit nicht beobachten, wenn die Temperatur niedrig ist.

Allgemeine Erscheinungen bei Sauerstoffmangel.

Als bekannt vorauszusetzen ist, daß bei Aufhören der Sauerstoffzufuhr die Protoplasmabewegung allmählich stillsteht (Sauerstoffstarre). Kühne[2]) beobachtete, daß in einer Wasserstoffatmosphäre die Bewegung in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia Virginica* nach 15—20 Minuten aufhörte. Wortmann[3]) sah die Pflanzenteile in sauerstofffreier Luft anfangs gerade so viel Kohlensäure aushauchen als die bei ungehinderter Sauerstoffzufuhr; später machte sich ein Unterschied zugunsten der letzteren geltend. Dieser allmähliche Kohlensäurerückgang bei Sauerstoffabschluß (intramolekulare Atmung) deutet wie das allmähliche Aufhören der Plasmabewegung darauf hin, daß zunächst noch der im Pflanzenleibe gespeicherte Sauerstoff verbraucht wird. Der Erstickungstod erfolgt also langsam, da die grünen Teile der Pflanze unter genügender Beleuchtung noch Kohlensäure zersetzen und sich noch Sauerstoff für einige Zeit selbst bildet. Böhm[4]) wies eine geringe Menge Sauerstoff in dem Gasvolumen nach, wenn er grüne Blätter von Landpflanzen bei genügender Beleuchtung in Wasserstoffatmosphäre einschloß.

[1]) Wollny, Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf dessen Gehalt an freier Kohlensäure. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik 1881, Heft 4.

[2]) Untersuchungen über das Protoplasma. 1864, S. 89 und 106.

[3]) Wortmann, Über die Beziehungen der intramolekularen zur normalen Atmung. Inauguraldissertation, Würzburg 1879.

[4]) Böhm, Über die Respiration von Landpflanzen. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, LXVII (1873).

Daß für alle lebenden Teile, also auch für die chlorophyllosen, für die Wurzeln, unterirdischen Achsen und Knollen (ebenso wie für ganz chlorophyllose Parasiten und Saprophyten), die Atmung und damit die Anwesenheit von Sauerstoff eine Lebensnotwendigkeit ist, ist selbstredend. Besondere Erscheinungen an den Wurzeln werden in den folgenden Abschnitten (vgl. namentlich die über „Zu tiefes Pflanzen der Bäume“ und über „Zu tiefe Lage der Saat“) über die Wirkungen des Luftabschlusses im Boden besprochen werden; hier gedenken wir zunächst nur einiger Vorkommnisse schlechter Durchlüftung infolge Verstopfung der die Hauptwasserleitung ausführenden Gefäßlumina. Solche Verstopfung ist besonders für das Splintholz gefahrbringend[1]). Mit Böhm[2]) möchten wir uns den Durchlüftungsvorgang folgendermaßen vorstellen: Es ist nicht bloß eine Druckdifferenz zwischen der Außenluft und der verdünnten Luft im Innern der Gefäße, sondern auch ein stofflicher Unterschied. Die Binnenluft wird ihren Sauerstoff bei den Respirationsprozessen schneller hergeben und die entstehende Kohlensäure aufnehmen. Diese wird entweder bei einer Füllung der Gefäße mit Wasser aufgesogen und mit dem aufsteigenden Saftstrome fortgeführt oder aber, da sie die feuchten Wandungen ziemlich leicht durchdringt, durch Diffusion in radialer Richtung nach außen geschafft. Der neue notwendige Sauerstoff, der in geringerer Menge wohl auch mit der im Wasser gelösten sauerstoffreicheren Luft durch die Wurzeln eintritt, wird jedoch in der Hauptsache unter normalen Verhältnissen durch transversale Leitung nach innen gelangen. Er diffundiert durch die feuchten Membranen leichter als der Stickstoff der Luft, weil das Wasser für ihn eine größere Absorptionsfähigkeit hat als für den Stickstoff. Da nun der Sauerstoff im Innern des Pflanzenleibes am meisten verbraucht wird, aber auch am leichtesten wanderungsfähig ist, so wird sich ein vorherrschender Diffusionsstrom von Sauerstoffgas von außen nach innen in jeder Horizontalebene eines Stammes ergeben.

Weitere Beobachtungen über den Gasaustausch gibt Wiesner[3]). Derselbe zeigt, daß das Periderm, der Korküberzug, selbst bei großen Druckdifferenzen für Luft völlig undurchdringlich ist; der Austausch findet nur durch die auch im Winter durchlässigen Lenticellen statt. In gefäßlosem Holze erfolgt der Ausgleich durch die Membranen hindurch, namentlich durch die zarte Tüpfelhaut, wobei neben der Effusion auch die Absorption durch kolloidale Wände ins Spiel kommt. Bei gefäßreichen Holzkörpern ist außerdem noch die Transpiration und der Durchgang der Gase durch die als Kapillaren fungierenden Gefäße zu berücksichtigen. Axial findet der Druckausgleich schneller statt als in den Querrichtungen. Je stärker eine Parenchym- oder Holzzelle mit Wasser imbibiert ist, desto langsamer tritt Druckausgleich ein. Dieses Verhältnis kehrt sich bei der Peridermzelle um; wenn dieselbe ihres wässerigen Inhalts verlustig geht und sich mit Luft füllt, wobei die Wand eintrocknet, verliert die Zelle die Durchlässigkeit für Gase. In luftführendem Parenchym strömt bei

[1]) Elvfing, Über die Wasserleitung im Holze. Bot. Z. 1882, Nr. 42.

[2]) Böhm, J., Über die Zusammensetzung der in den Zellen und Gefäßen des Holzes enthaltenen Luft. Landwirtsch. Versuchsstationen Bd. XXI, S. 373.

[3]) Wiesner, Versuche über den Ausgleich des Gasdruckes in den Geweben der Pflanzen. Sitzber. der Kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien am 17. April, vgl. in Österr. Bot. Zeit. 1879, S. 202.

Druckausgleich ein Teil der Luft durch die Interzellulargänge, ein anderer geht durch die geschlossenen Membranen, und zwar am leichtesten durch die unverdickt gebliebenen Stellen.

Über die Vorgänge, welche sich in den Bäumen bei schlechter Bodendurchlüftung abspielen, gibt eine Mitteilung von Mangin[1]) Kenntnis. Derselbe fand, daß die Gefäße bei *Ailantus* sich mit Thyllen verstopften, und erklärt den Vorgang dadurch, daß bei dem Luftmangel im Boden auch die Gefäße an ihrer Luftzufuhr Mangel leiden. Infolgedessen wird die Gefäßluft über eine zulässige Grenze hinaus verdünnt, und nun stülpen sich aus der Nachbarschaft die Thyllen in das Gefäßrohr hinein und behindern ihrerseits wieder die Wasserleitung.

Bezüglich des Einflusses von Sauerstoffmangel auf Samen sei zunächst der Untersuchungen von Bert[2]) gedacht, wonach die Keimung um so langsamer vor sich geht, je geringer der Luftdruck ist. Den hemmenden Einfluß der Luftverdünnung auf die Plasmaströmung hat schon vor vielen Jahren Corti[3]) beobachtet. Da aber bei normalem Luftdruck und nur vermindertem Sauerstoffgehalt ebenfalls die Keimung langsamer erfolgt und umgekehrt bei erniedrigtem Luftdruck, aber erhöhter Sauerstoffzufuhr die Samen schneller keimen, so ergibt sich, daß eben nur der Partialdruck des Sauerstoffs der maßgebende Faktor ist.

Auch bei den Erscheinungen des Sauerstoffmangels bietet sich wieder die Gelegenheit, darauf hinzuweisen, daß plötzliche Veränderungen störender sind als allmählich sich einstellende. Stich[4]) fand, daß in sauerstoffarmer Atmosphäre der normale Atmungsquotient sich wiederherstellt unter Verminderung der absoluten Sauerstoff- und Kohlensäuremengen. Bei allmählicher Entziehung des Sauerstoffs wird die intramolekulare Atmung erst bei beträchtlich niederem Sauerstoffprozentsatz angeregt, als bei plötzlicher Verkleinerung desselben.

Für den praktischen Betrieb beherzigenswert ist die Erfahrung, daß bei Samen auch Erstickungserscheinungen auftreten, wenn ihr Gewebe gänzlich mit Wasser angefüllt ist. Bei der gewöhnlichen Quellung der Samen erhält der Inhalt das zur Keimung notwendige Wasser, ohne daß alle Luft aus den Zwischenräumen verdrängt wird; wenn man dagegen die Samen zu lange Zeit im Wasser behält, tritt Fäulnis ein, bei der sich häufig ein deutlicher Buttersäuregeruch, die Bakterienfäule, in hohem Maße geltend macht. Ebenso zeigen Versuche, daß eine gänzliche Anfüllung der Luft führenden Gewebe mit Wasser (durch Auspumpen der Luft unter der Luftpumpe) die Keimprozente außerordentlich verringert.

Bei naß aufeinander geschichteten Samen ist es nicht der Überschuß an Wasser, der die Keimkraft so schnell zerstört, sondern übermäßige Erwärmung und Kohlensäurebildung. Wiesner fand übrigens, daß die Kohlensäurebildung später als die Wärmeentwicklung auftritt; erstere kann also nicht die einzige Wärmequelle sein, sondern es ist eine solche auch in der Wasseraufnahme selbst zu suchen.

---

[1]) Mangin, Influence de la raréfaction produite dans la tige sur la formation des thylles gommeuses. Compt. rend. 1901. II, S. 305.

[2]) Bert, Recherches experimentales sur l'influence que les changements dans la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie. Compt. rend. LXXVI u. LXXVII.

[3]) Meyen, Pflanzenphysiologie. 1838, II, S. 224.

[4]) Stich, C., Die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora 1891, S. 1.

Lehm- und Tonböden.

Für die Betrachtungen der schädlichen physikalischen Einflüsse auf die Pflanzenwelt ist es nicht nötig, Lehm- und Tonböden voneinander zu unterscheiden. Wir haben es stets mit Mischungen von Ton und Sand zu tun, und nur das Mischungsverhältnis dieser beiden Bestandteile ist verschieden. Vom sandigen oder „milden" Lehm an schwächt sich der Sandgehalt immer mehr ab bis zum „strengen" Lehm und zu den im feuchten Zustande plastischen Tonböden, bei denen die feinen abschlämmbaren Teile überwiegen. Bei unseren Kulturländereien werden die Beimengungen von Kalk und Humus noch modifizierend ins Gewicht fallen. Kalk wird die schweren Böden durch Erhöhung der Krümelbildung lockerer machen.

Die Fruchtbarkeit ist von der Krümelung direkt abhängig; plastische Tone sind unfruchtbar. Die nicht gekrümelten Tonböden sind für Wasser

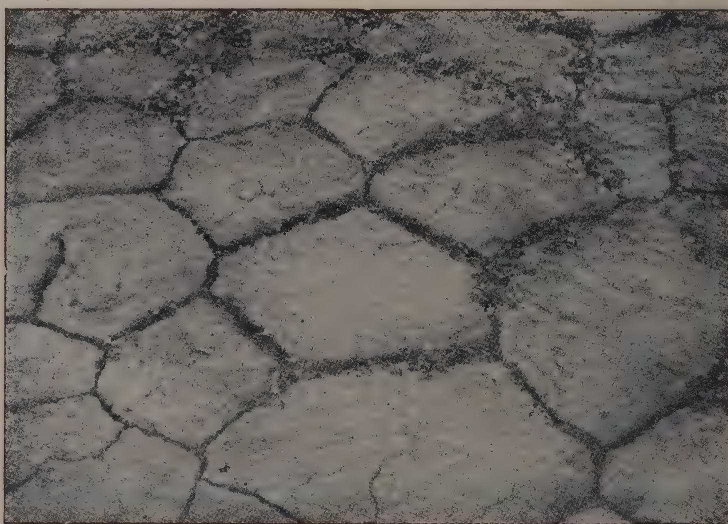


Abb. 5. Aufgerissener Tonboden nach dem Eintrocknen (Polygonboden). Nach Kruuse.

undurchlässig und geben daher in ebenen Lagen leicht Gelegenheit zur Versumpfung. Je geringer die Korngröße des Bodens, desto größer wird die Aufnahmefähigkeit für Wasser, so daß bei schnellfolgenden starken Differenzen der Wasserzufuhr ganz bedeutende Volumenveränderungen vorkommen. Darauf beruht das starke Aufreißen der Tonböden bei dem Austrocknen (Abb. 5). Lösliche Salze werden nur schwer ausgewaschen werden können.

Das Austrocknen ist um so gefährlicher, je mehr eine Bodenart sich dem reinen Tonboden nähert, der, einmal trocken geworden, nur sehr langsam wieder Wasser aufnimmt, da sich dasselbe nur schwer zwischen die dicht gelagerten Bodenpartikelchen eindrängen kann. Diese Eigenschaften schwächen sich in dem Maße ab, als die Sandbeimengungen sich steigern. Bei den strengen Böden wird die Austrocknung im Sommer bisweilen gefährlicher als bei den Sandböden.

Die schweren Böden werden „kalt“ genannt. Dies erklärt sich aus dem hohen Wassergehalt, der mit der Feinkörnigkeit der Struktur wächst (vgl. über die Bodenkälte noch unten bei „Drainage“).

Die meisten Störungen werden aber, wie wir im folgenden sehen können, durch die geringe Durchlüftbarkeit verursacht, die bei der Zersetzung organischer Massen zu Fäulniserscheinungen führt. Daher kommen bei Beurteilung der Lehmböden auf ihre Fruchtbarkeit nicht nur der Grad der Krümelung, sondern auch die Tiefe, bis zu welcher sich dieselbe erstreckt, ausschlaggebend zur Geltung. Da die festen Lehmschichten des Untergrundes sehr schwer durchlüftbar sind, so erfolgt die Ausbreitung des Wurzelapparates vorwiegend nur in den gekrümelten Schichten. Auf die Erhaltung der Krümelung ist daher besonderer Wert zu legen, und dies ist namentlich auch bei Wäldern zu berücksichtigen; die lebhafte Tätigkeit der Kleinlebewelt in den oberen Bodenschichten muß unbedingt erhalten bleiben. Nach Ramanns[1]) Untersuchungen ist die durch Streuentnahme hervorgerufene Bodenverdichtung oft so stark, daß ein bedenklicher Rückgang des Waldbestandes unausbleiblich ist.

Je toniger ein Boden ist, desto langsamer werden sich infolge des Sauerstoffmangels und meist auch seiner niederen Temperatur die Pflanzenreste zersetzen. Während in hinreichend gekrümelten Bodenarten normale Verwesung stattfindet, sammeln sich in dichten Tonböden oft Massen von torfigem Humus, also Pflanzenresten, an. Wenn sehr feinkörnige Bodenarten mit großer Wasserkapazität, also der Fähigkeit, große Mengen von Wasser zurückzuhalten, ohne es tropfenweise wieder abzugeben, so viel Wasser bekommen, daß das sich zwischendrängende Wasser den Zusammenhalt der Substanzpartikelchen untereinander überwindet und dieselben auseinandertreibt, dann erweicht der Boden. Den strengen Ton- und Lettenböden ist dieser Zustand besonders eigentümlich; seltener kommt ein derartiges „Zergehen“ bei Lehmboden vor.

Ähnliche Erscheinungen sind bei feinsandigen Heideböden (Flottlehm) zu beobachten. Wahnschaffe[2]) charakterisiert diese Bodenform als eine aus fast mehlfeinen Sandkörnern mit nur geringen Tonbeimengungen bestehende. Die ganze Masse sieht im feuchten Zustande lehmartig aus; im trockenen Zustande aber unterscheidet sie sich vom richtigen Lehm durch ihre Porosität. Dabei kann infolge der äußerst feinen Konstruktur Flottlehm so hart wie Stein werden. Bei Kulturen, die dauernd unter dem Pfluge stehen und durch tierischen Dung locker erhalten werden, ist solcher Boden oft vorteilhaft, aber bei den Forstkulturen äußerst schädlich. Denn nach der üblichen einmaligen Lockerung setzt sich durch den Regen der feine Sand alsbald wieder fest zusammen und läßt den Luftsauerstoff zu wenig zu den Baumwurzeln gelangen.

Verschlämmen des Bodens.

Bei heftigen Regengüssen und Überschwemmungen werden Bodenarten mit großem Gehalt an sehr fein zerkleinerten Teilchen zusammengeschwemmt und bei dem Abdunsten des Wassers in Form einer dichten abschließenden Kruste zurückgelassen. Mit der Feinheit seiner Zer-

[1]) Ramann, E., Untersuchung streuberechter Böden. Z. f. Forst- u. Jagdwesen, XXX; cit. Bot. Jahresber. 1900, II, S. 415.

[2]) Graebner, Handbuch der Heidekultur, 1904, S. 200.

kleinerung wächst die wasserfassende Kraft eines Bodens ungemein, wie bereits erwähnt worden ist. Die Oberfläche der kleinen Teilchen wird durch die zunehmende Zerkleinerung immer mehr vergrößert, und die wasserhaltende Kraft beruht auf der Oberflächenanziehung. Durch Zerkleinerung einer aus groben Quarzstücken von 1 bis 27 mm Größe bestehenden Bodenmasse, die eine absolute Wasserkapazität von 7% besaß, ließ sich die kapillare Aufsaugungskraft für Wasser derart vermehren, daß ein aus dem Quarz hergestellter feiner Sand mit einer Korngröße von 0,3 mm mehr als sechsmal so viel Wasser zurückhielt. Man sieht, daß unter Umständen die Art des Minerals ganz gleichgültig sein kann und nur die mechanische Beschaffenheit ins Gewicht fällt, daß also auch einmal Quarzstaub (Flottlehm) die Rolle des Tones übernehmen kann. Natürlich besitzt der staubfeine Sand immerhin keine Kohärenz, kann also niemals für sich allein die Rolle eines Bindemittels übernehmen, wie solche der Ton hat. Hauptsächlich sind es aber die Tonböden, welche an Verschlämmen leiden und durch Bildung luftabschließender Schichten Samen und Pflanzenwurzeln zur Fäulnis bringen. Bisweilen bilden die Pflanzenwurzeln Hilfsorgane aus, um in Sumpfböden die nötige Durchlüftung zu finden. Erinnert sei in dieser Beziehung an die der Bodenoberfläche zustrebenden, knieförmigen Auswüchse der Wurzeln von *Taxodium distichum* und von *Pinus serotina*, die auf trockenen Böden nicht gebildet werden und direkt als Atmungsorgane angesprochen werden müssen[1]).

Ein Beispiel für die Schädigung der Vegetation durch direkte Schlammablagerung liefert Robinet[2]) aus Toulouse, wo die Baumschulen nur zwei Tage hindurch unter Wasser gestanden hatten. Diejenigen Pflanzen, an deren Basis sich nicht viel Schlamm abgelagert, blieben gesund; dagegen litten solche Individuen beträchtlich, bei denen die Stammbasis etwa 10 bis 12 cm hoch mit Schlamm umgeben war. Mandeln, Akazien, Kirschen (auch die Weichselkirschen), Ebereschen, *Ligustrum*, *Mahonia*, *Evonymus* und die meisten Koniferen gingen gänzlich zugrunde. Von *Crataegus*, *Pirus communis* (wobei die auf Quitte veredelten weniger litten). *Pirus malus*, *Castanea*, *Mespilus*, *Catalpa* u. a., welche 8 bis 10 Tage unter Wasser gestanden hatten, schwärzten sich nur diejenigen Exemplare an der Basis und starben ab, bei denen der Schlamm nicht entfernt worden war. *Platanus*, *Alnus*, *Ulmus* hatten nicht gelitten, und *Populus* sowie *Salix* (Trauerweiden) entwickelten sogar aus der Stammbasis reichliche Wurzeln in den Schlamm hinein. Von *Sophora*, *Fraxinus*, *Carpinus*, *Fagus* und *Betula* starben nicht alle Exemplare, so wenig wie von *Robinia*; die Überlebenden erhielten aber gelbes Laub. Linden und Kastanien verloren sogar gänzlich ihre Blätter. Immergrüne Pflanzen, auch ein Teil der Koniferen, verloren ihre Blätter, soweit sie vom Wasser bedeckt gewesen waren.

Doppelt ins Gewicht fallend ist diese Änderung der physikalischen Bodenbeschaffenheit in Gegenden, die öfteren Überschwemmungen ausgesetzt sind, und unter diesen leiden solche, die von Salzwasser überschwemmt werden, am meisten. Abgesehen von dem Schaden, den die Vegetation durch den Salzgehalt der Ackerkrume erleidet, zeigt sich nach

---

[1]) Wilson, W. P., The production of aerating organs on the roots of swamp and other plants; P. Philad. 1889, S. 65; cit. Bot. Jahresber. 1889, I, S. 682.

[2]) Revue horticole XLVII (1875), S. 359.

A. Mayer[1]) als Folgeerscheinung des erst im zweiten Jahre bemerkbaren Dichtschlämmens bisweilen die Bildung einer schwarzen, stark mit Schwefeleisen imprägnierten Schicht, die als weiterer Schädiger der Vegetation anzusehen ist.

v. Gohren[2]) hebt die Bildung derartiger eisenschüssiger, in Westfriesland „Knick" genannter Schichten in humusreichen, lehmigen und tonigen Schlickablagerungen der Meeres- und Flußmarschen hervor und erklärt deren Entstehung damit, daß das Eisenoxyd des Lehmes bei Abschluß der Luft durch die organische Substanz zu Eisenoxydul reduziert wird, das sich mit der Quellsäure zu quellsaurem Eisenoxydul verbindet. Das sich nach allen Richtungen hin verbreitende quellsaure Eisenoxydul oxydiert sich allmählich wieder, verkittet als Eisenoxydhydrat alle Bodenteile fest und wirkt mit bei der Bildung des verrufenen Raseneisensteins.

Nach den Mayerschen Versuchen[3]) zeigt sich, daß in Wasser suspendierte Tonteilchen sich in verschiedener Weise niederschlagen, je nachdem sie in reinem Wasser oder solchem, welches Kochsalz und andere Beimengungen enthält, sich schwebend befinden. In reinem Wasser fallen die Teilchen nach ihrer Größe (genauer nach dem Verhältnis ihrer Oberflächen zu ihren Massen) nieder. Die feinsten Teilchen bleiben ungemein lange im Wasser schwebend, da sie mit einer beinahe der chemischen Auflösung zu vergleichenden Anziehungskraft von dem Wasser festgehalten werden. Dieser Anziehungskraft gegenüber ist die Schwerkraft dieser Teilchen belanglos. Setzt sich der Ton aus einer Salzlösung nieder, so kann man, wenn man solchen Ton versuchsweise in einem Glaszylinder aufgeschlämmt hat, beobachten, daß sich von oben herab eine aus dichteren, feineren Tonteilchen gebildete Grenzschicht in dem Zylinder kenntlich macht, oberhalb welcher eine verhältnismäßig sehr klare Flüssigkeit steht. Durch die Anwesenheit des Kochsalzes werden die feinen Tonteilchen mehr als Ganzes niedergeschlagen (koaguliert nach Schlösing). Es entsteht „Flockung". Die etwas gröberen Teile unter ihnen scheinen im Sinken verzögert zu werden; die feineren werden etwas beschleunigt. Man hat angenommen, daß durch die Anwesenheit des Salzes wahrscheinlich die Anziehung zwischen Ton und Wasser vermindert wird, da dieses den Ton vollständig sinken läßt. Dagegen muß die Anziehung von Ton zu Ton vermehrt, derselbe also verdichtet werden. Durham[4]) erklärt den Vorgang auch derart, daß die Anziehungskraft des Wassers, die sonst gänzlich zur Suspension des Tones in Anspruch genommen ist, durch das Salz der Lösung bis auf den letzten Rest gesättigt wird. Nach Durham verhalten sich Schwefelsäure, nach Mayer die Mineralsäuren überhaupt, wie Kochsalzlösung; ebenso ist es mit deren Salzen selbst bei einem Überschuß von fixem Alkali oder Ammoniak.

Das wesentlichste Moment, das für alle tonigen Kulturböden beachtenswert ist, liegt in dem Nachweis, daß die salpetersauren Salze sich betreffs der Aufschlämmbarkeit des Tones den salzsauren nähern und wegen ihrer leichten Auswaschbarkeit den Boden rasch zum Dichterwerden bringen. Dadurch erklärt sich das mechanische Verderben tonreicher Bodenarten

[1]) Mayer, A. Über die Einwirkung von Salzlösungen auf die Absetzungsverhältnisse toniger Erden. Forsch. auf dem Gebiete d. Agrik.-Physik, 1879, S. 251.
[2]) v. Gohren: Boden und Atmosphäre. Leipzig 1877, S. 56.
[3]) Biedermanns Centralbl. 1883, Nov., S. 786.
[4]) Chem. News.; vgl. „Naturforscher" 1878, S. 112.

durch wiederholte einseitige Salpeterdüngung. Nachdem sich anfangs schöne Ernten ergeben, erfolgt später ein Rückgang. Dieselbe Schattenseite hat selbstverständlich die für einzelne Pflanzen zur Verwendung gebrachte Kochsalzdüngung.

Auf wesentliche Nachteile überreicher Gaben von Dungsalzen macht Behrens[1]) aufmerksam. Es kommt nämlich deren osmotische Wirkung in Betracht. Durch diese osmotische Wirkung löslicher Salze im Boden wird die Deckung des Wasserbedarfs der Pflanze erschwert, und die Pflanze antwortet darauf durch eine zweckentsprechende Modifikation ihrer Organe. Dem physiologischen Wassermangel entsprechend, drückt die Pflanze ihre Verdunstung herab durch den Bau fleischigerer Blätter mit kleineren Interzellularräumen, wie bei den Pflanzen der Salzquellen und des Meeresstrandes.

Von unseren Kulturpflanzen leidet am meisten der Tabak, der sich dann gerade so verhält wie in heißen, trockenen Sommern. Er bildet fleischigere Blätter, deren Brennbarkeit herabgesetzt wird. In Bestätigung dieser in Europa gemachten Beobachtungen erwähnt Hunger[2]) von den Kulturen des Deli-Tabaks auf Sumatra, daß das am meisten geschätzte und durch Auslese immer hochgradiger gezüchtete, große dünne, ölarme Blatt nur bei Wasserreichtum wie bei anhaltendem Regenwetter sich entwickelt, während bei trockener Witterung sich kleine, dicke, mit viel Drüsenhaaren versehene, minderwertige Blätter ausbilden.

Überflutungen.

Gegenüber der vielfach verbreiteten Ängstlichkeit bei Einbruch von Wassermassen in Kulturländereien dürfte hervorzuheben sein, daß, abgesehen natürlich von Verschlämmung, Auswaschung von Nährstoffen und den mechanischen Schädigungen durch den Wellendruck, die Vegetation oft nicht übermäßig empfindlich gegen eine längere Bedeckung des Bodens mit Wasser ist. Namentlich manche Holzpflanzen (z. B. Eichen) besitzen, wie Überschwemmungen zeigen, eine große Widerstandsfähigkeit, die um so länger anhält, je länger die Wassermassen in Bewegung bleiben, also Sauerstoff mitführen. Den besten Beweis dafür bilden die ausgedehnten Wälder im Gebiete der regelmäßigen Überschwemmungen der großen Flüsse, die Drude als „Auenwälder" bezeichnet, und die, meist aus Eichen oder Erlen gebildet, durch einen mächtigen Unterwuchs von Sträuchern und Kräutern ausgezeichnet sind. Sie finden sich naturgemäß stets dort, wo Eisgang der Waldbildung nicht mehr hinderlich sein kann.

Die Nachteile stellen sich erst hochgradig ein, wenn das Wasser lange Zeit über der Bodenoberfläche verbleibt, stagniert. Für kürzere Zeit gehört die Überflutung in der Form der Überstauung zu den nützlichen Kulturmaßregeln. Allerdings wird sie immer gefährlicher als jene Bewässerungsmethoden sein, bei welchen der Boden der Luft stets zugänglich bleibt (Berieselung). Der in dem Rieselwasser enthaltene Sauerstoff ruft Oxydationen in den Böden hervor, da das unterirdisch abfließende Dränwasser eine geringere Menge Sauerstoff und gleichzeitig eine gesteigerte Menge Kohlensäure und Schwefelsäure im Vergleich zu dem

---

[1]) Behrens, J. Über Düngungsversuche. Jahresb. d. Vertreter d. angewandten Botanik, II. S. 28. (1905.)

[2]) Hunger, F. W. T., Untersuchungen und Betrachtungen über die Mosaikkrankheit der Tabakpflanze. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XV, 1905, Heft 5.

aufrieselnden Wasser aufweist[1]). Solange sich genügend Sauerstoff vorfindet, vollziehen sich die langsamen Verbrennungserscheinungen der organischen Substanz, die wir als Verwesung bezeichnen, hauptsächlich durch die Arbeit der Mikroorganismen zu Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure. Tritt dagegen durch andauernde Überstauung Sauerstoffmangel ein, so beginnt jener Zersetzungsvorgang teils rein chemischer Natur, teils unter Mitwirkung von Bakterien, den wir als Fäulnis bezeichnen, und dessen Endprodukte in Verbindungen bestehen, die noch oxydierbar sind.

Finden die Wasseransammlungen an Orten statt, an denen gänzlich undurchlässige Bodenschichten den vertikalen Wasserabfluß verhindern und auch der horizontale Abfluß erschwert ist, tritt Versumpfung ein.

Versumpfung.

Durch das Stagnieren der Nässe wird selbst im Forstbetriebe die Frostempfindlichkeit der Bäume nach R. Hartigs[2]) Beobachtungen gesteigert; auf den Äckern und Beeten findet oft ein Ausfrieren und Ausziehen in den Saatbeeten statt, in Obstgärten zeigen sich oft die schlimmsten Verwüstungen. In den jungen Kiefernbeständen Norddeutschlands beobachtete Hartig[3]) die Wurzelfäule in verheerendem Grade. Sie beginnt zwischen dem zwanzigsten und dreißigsten Jahre, indem nach kurzer Zeit kümmerlichen Wachstums die noch völlig grün benadelten Bäume umfallen, sobald Schneedruck oder Wind auf sie einwirken. Es erweist sich dann die Pfahlwurzel bis an die Stammbasis hinauf naßfaul, während die meisten flachstreichenden Wurzeln gesund erscheinen. In Fichtenbeständen ist solche Wurzelfäulnis wohl auch zu finden, macht sich aber weniger bemerkbar, weil das oberflächlich verlaufende Wurzelsystem den Baum unabhängiger von den wenigen in die Tiefe hinabsteigenden Wurzeln macht.

In den Gebieten mit höheren Niederschlägen, in Norddeutschland, namentlich im Nordwesten, ist die Versumpfung besonders von Nadelwäldern außerordentlich häufig. Im dichten Bestande, der dauernd mit feuchter Luft gefüllt ist, siedeln sich auf dem Boden, namentlich an den Traufstellen des Regens Moose, in erster Linie meist *Polytrichum-* und *Sphagnum-*Arten an, deren Polster sich zwischen den Gras- und Krautstengeln verbreitern, allmählich größer und größer werden und so immer größere Wasserreservoire darstellen. Schließlich fließen die Moospolster seitlich zusammen, und ein großer Teil des Bodens ist dann mit der wenigstens in feuchten Zeiten fast luftundurchlässigen Schicht bedeckt.

Ganz ähnliche Verhältnisse kann man auch in Gärten beobachten, besonders in wenig gepflegten Bauerngärten. Bei der Anlage werden die Obstbäume dort meist in einer Entfernung gepflanzt, die darauf berechnet ist, daß die Kronen später zusammenschließen sollen; zunächst sind sie aber noch weit voneinander entfernt, und um den Platz unter ihnen auszunützen, werden Unterkulturen getrieben, Gemüse, Beerenobst; Blumen werden gepflanzt. Dabei wird der Boden für das Gemüse usw.

---

[1]) Wollny, E., Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg 1897, Carl Winter, S. 351.

[2]) Hartig, R., Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten, III. Aufl., Berlin, Springer, 1900, S. 263.

[3]) Die Wurzelfäule, Zersetzungserscheinungen des Holzes. Berlin, Jul. Springer, 1878, S. 75.

alljährlich umgegraben, gehackt und unkrautfrei gehalten, also in den oberen Schichten regelmäßig gelockert, so daß er ein lebhaftes Tierleben (Regenwürmer usw.) enthält, „gar“ ist. — Allmählich wird der Garten zu schattig, der Unterbau lohnt nicht mehr und wird aufgegeben. Der Garten bleibt sich selbst überlassen, vergrast, und der Boden verdichtet sich, oder in der Mehrzahl der Fälle wird er zum Aufenthalt von Kleinvieh, besonders Hühnern, Enten und Gänsen, öfter auch von Ziegen, Schafen usw. benutzt. Als Futter für diese Tiere werden u. a. auch die Hausabfälle in den Garten geschüttet, die zum Teil verschleppt und zertreten werden. Dazu kommen noch die Exkremente der Tiere, die zertreten und verschlämmt werden. — In feuchten Gegenden und feuchten Lagen sieht man oft schon zwischen den Gräsern, die den Boden bedecken, Moose, in erster Linie Astmoose (Hypnaceen) ihre dichten Rasen bilden; sie allein können durch ihre wasserhaltende Kraft schon sehr wesentlich zur Versumpfung wirken. Die mechanische Verdichtung des Bodens, die dichte Grasnarbe, die faulenden Küchenabfälle und Exkremente erzeugen aber allmählich eine so dichte Oberflächenkruste, daß die Luft von den Baumwurzeln nahezu abgeschlossen wird; in den meisten Zeiten des Jahres ist die Oberfläche schmierig-schlüpfrig.

Der mechanische Luftabschluß bei der Versumpfung ist nicht die einzige Quelle des Sauerstoffentzuges für die Wurzeln, sondern die im Boden faulenden organischen Reste von Pflanzen und Tieren verbrauchen ihrerseits möglichst allen ihnen zugänglichen Sauerstoff bzw. füllen alle Zwischenräume im Bodenskelett mit den sich bildenden Gasen aus, die dann im Überschuß von dem Boden ausgehaucht werden.

Betreffs der Gasexhalationen sind die Angaben von Bischof und Popoff anzuführen[1]). Die entstehenden Gase sind oft reich an Kohlenwasserstoffen, namentlich Methylwasserstoff (Sumpfgas CH^4). Popoff untersuchte das Gas, das sich in einem Kolben entwickelte, in welchem eine Schlammasse mit Küchenabfällen u. dgl. sich befand. Die Schlammmasse blieb $3^1/_2$ Woche bei anfangs 17, später 7 bis 10° C im Kolben und ergab bei den aufeinanderfolgenden, meist nach Zwischenräumen von zwei bis vier Tagen stattfindenden Untersuchungen Gasgemische von folgender prozentischer Zusammensetzung:

1.	11,75 CO^2	2,48 CH^4	4,71 O	81,06 N
2.	12,62 „	5,68 „	81,70	
3.	34,99 „	29,93 „	0,0 O	35,98 N
4.	55,81 „	42,54 „	0,0 „	1,65 „
5.	56,00 „	42,70 „	0,0	1,30 „
6.	45,9 „	54,1 „	0,0 „	0,0 „
7.	43,3 „	56,6 „	0,0 „	0,1 „

Man ersieht aus diesen Zahlen, daß zu Anfang des Versuchs die im Kolben befindliche atmosphärische Luft zum Teil ausgetrieben, zum Teil verbraucht wird, indem der Sauerstoff zur Oxydation der organischen Reste im Schlamme diente. Solange freier Sauerstoff vorhanden war, überwog die Bildung von Kohlensäure diejenige des Sumpfgases; dagegen drehte sich dieses Verhältnis um, nachdem der Sauerstoff verzehrt war.

[1]) Bischofs Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, 2. Aufl. — Popoff in Pflügers Archiv f. Physiologie, X, S. 113.

Von der Ansicht ausgehend, daß es wesentlich die im Schlamme befindliche Zellulose ist, welche unter Mitwirkung niederer Organismen zersetzt wird, brachte Popoff reines Filtrierpapier mit einer geringen Schlammasse in einen Kolben und fand bei Untersuchung des nach einiger Zeit gebildeten Gases die Zusammensetzung desselben aus

34,07% Kohlensäure,
37,12% Sumpfgas,
1,06% Wasserstoff,
27,75% Stickstoff.

In der Nähe der Sümpfe riechen wir aber nicht selten auch deutlich Schwefelwasserstoff. Derselbe rührt zum Teil von den faulenden Eiweißkörpern her, die Leucin, Tyrosin und andere Stoffe bei ihrer Zersetzung bilden und schließlich in Kohlensäure, Sumpfgas, Ammoniak usw. zerfallen. Die von Detmer zitierten Beobachtungen von Erismann gestatten einen Einblick in die quantitative Zusammensetzung der in 24 Stunden abgegebenen Gasmengen von 18 cbm Exkrementen, die in einer wenig ventilierten Abtrittgrube sich befanden. — Die Masse ergab

11,144 kg Kohlensäure,
2,040 ,, Ammoniak,
0,033 ,, Schwefelwasserstoff,
7,464 ,, Sumpfgas.

Bei dieser auch Wasserstoff und Stickstoff entwickelnden Fäulnis sollen von den 18 cbm in 24 Stunden 13,85 kg Sauerstoff aufgenommen worden sein. Es zeigt sich dabei eine verhältnismäßig sehr geringe Entwicklung von H^2S, und man muß daher annehmen, daß, wenn sich in Sümpfen und anderen Orten so große Mengen von Schwefelwasserstoff ausbilden, diese ihren Ursprung einer durch die organische Substanz bedingten Reduktion schwefelsaurer Salze im Boden verdanken.

Über solche Reduktionsvorgänge in der Moorsubstanz fassen Pagel und Oswald die Resultate ihrer Untersuchungen dahin zusammen, daß bei Luftabschluß außer Schwefelwasserstoff noch Schwefelmetalle auftreten, und daß neben dieser Reduktion der schwefelsauren Salze auch Ammoniak sich aus den stickstoffhaltigen Substanzen des Moores bildet. In der Entstehung dieser Stoffe dürfte die Schädlichkeit des stagnierenden Wassers ebenfalls zu suchen sein.

Säuren im Boden.

Als Heiden erklärt Ramann[1]) die Formationen feuchterer Gebiete der gemäßigten Zonen, in denen nährstoffarme, sauer reagierende Böden von zwerghaften Sträuchern, Halbsträuchern, Gräsern, Moosen und Torfmoosen sowie Flechten bedeckt sind.

Es handelt sich hier um die sogenannten freien Humussäuren, kolloidale Verbindungen, die ihrer Natur nach noch immer strittig sind, welche die saure Reaktion des Bodens verursachen. Bei der Zersetzung der organischen Substanz im Boden, wobei außer Bakterien auch Myzelpilze sicher einen Teil der Arbeit übernehmen (*Cephalosporium*, *Trichoderma* usw. nach Koning)[2]), werden Säuren gebildet. Es entstehen Ameisensäure, Essig-

[1]) Ramann, Bodenkunde, 3. Aufl. 1911. — Über saure Mineralböden vgl. Daikuhara, C., Bull. Imp. Centr. Agric. Exper. Station, Saporo I, Nr. 1 (14).

[2]) Koning, Arch. neerland. sc. ex. et nat. 1902, II, 9, S. 34.

säure, Buttersäure usw., die in gut durchlüfteten Böden bald wieder zersetzt werden. Außerdem aber bilden die Humussubstanzen die noch wenig erkannte Quellsäure mit ihren Salzen (Krenate), die in Böden und Wässern reichlich verbreitet, eine gelb gefärbte, stark sauere Lösung darstellt und zu einer amorphen Masse eintrocknet. Während die Salze der Alkalien und alkalischen Erden löslich sind, bleibt ihr Eisenoxydsalz unlöslich. Bei Luftzutritt entsteht aus ihr Quellsatzsäure (Apokrensäure), deren Salze schwer oder unlöslich sind. Diesen Säuren und ihren Verbindungen darf man einen großen Einfluß auf die Verwitterung und den Transport der angreifbaren Mineralstoffe zuschreiben[1]). Rohhumus, Torf und andere stark sauer reagierende Bodensubstanzen verlieren auch nach längerem Lagern an der Luft nur einen Teil ihrer Säure. Da auch gut durchlüftete Waldböden oft sauere Reaktion zeigen, so geht daraus hervor, daß eine mangelhafte Oxydation nicht oder doch nur manchmal die Entstehung der Bodensäuren veranlaßt. Wir werden wohl auch hier die Arbeit bestimmter Bakterien als Ursache der Säurebildung anzusehen haben. Freie Säuren fehlen oft in reichen Böden; ärmere Heideböden sind reich daran und verarmen noch mehr, weil durch die freien Säuren fortwährend weitgehende Auswaschungen und Verwitterungsprozesse stattfinden.

Betreffs der Empfindlichkeit unserer Kulturpflanzen gegen freie Säuren zitiert Ramann die Versuche von Maxwell[2]), der mit $^1/_{10}$- und $^1/_{50}$prozentiger Lösung von Zitronensäure experimentierte. Er fand, daß alle Kruziferen schnell, die Papilionaceen langsamer zugrunde gingen. Die Getreidearten litten stark; nur Perlhirse und Mais widerstanden. Bezüglich der Humussäuren liegen Erfahrungen von Tolf vor, wonach die Keimlinge im sauren Moorboden leiden. Im sauren Moor wird die Diffusion der Salzlösungen stark aufgehoben. Nach Reinitzer und Nikitinsk sind reine Humussäuren zur Ernährung von Bakterien und Fadenpilzen ungeeignet; dagegen vermögen die meisten höheren Pflanzen einen mäßigen Gehalt an diesen Säuren zu ertragen. Aus unseren Kulturen von Eriken, Azaleen, Rhododendron und anderen Ericaceen in Heideerde erfahren wir, daß eine Anzahl von Pflanzen an saure Böden sogar direkt angepaßt erscheint.

Die dunkel gefärbten Humusteile bestehen überwiegend aus Humin und Huminsäure (Ulmin nach Mulder). Die Humusstoffe muß man als ein Gemenge einander nahestehender Körper mit und ohne Stickstoff ansprechen, die man nach ihrem Verhalten zu Alkalien in zwei Gruppen scheiden kann: die braunen, in den verschiedensten Lösungsmitteln unlöslichen Huminstoffe quellen mit alkalischen Flüssigkeiten auf und gehen allmählich in Humussäuren über. Die in ihrer chemischen Zusammensetzung ungenügend bekannten, etwa 59 bis 63 % C und 4,4 bis 4,6 % H sowie 35 bis 36 % O enthaltenden Humussäuren lösen sich leicht in Alkalien und werden aus ihren Lösungen durch stärkere Mineralsäuren wieder ausgefällt. Wenn man sie aus saueren Böden (Moorboden) mit Alkalien oder Ammoniak auszieht und mit Salzsäure ausfällt, erhält man eine voluminöse gallertartige Masse, welche beim Trocknen braune oder schwarze, amorphe Stücke bildet. Beim Gefrieren werden die Humussäuren aus ihrer Lösung als dunkelgefärbtes Pulver abgeschieden, daß allmählich wieder in Lösung

[1]) Ramann, a. a. O. S. 30, 199.
[2]) Journ. amer. Chem. Soc., 1898, 20, S. 103.

übergeht. Ramann betont, daß die Humussäuren in reinem Wasser etwas löslich sind, nicht aber in salzhaltigem. Die Salze der Alkalien und des Ammoniaks mit den Humussäuren sind in Wasser löslich, aber nicht die der alkalischen Erden (Kalk und Magnesia); doch scheinen letztere bei Gegenwart überschüssiger Säuren auch löslich zu werden. Humussaurer Kalk wird schnell durch Verwesung in kohlensauren Kalk übergeführt, der neue Mengen von Humussäuren zu binden vermag.

Der Stickstoffgehalt der humosen Substanzen ist durchschnittlich in trockenen Gebieten größer als in feuchten. Durch die fortschreitende Verwesung wird der in organischer Bindung den Pflanzen schwer zugängliche Stickstoff in leichter aufnehmbare Verbindungen übergeführt.

Die Frage über die Schädlichkeit des schwarzgefärbten, aus Erlenbrüchen der Forsten auf die Wiesen abfließenden Wassers ist durch Klien[1]) in eingehender Weise behandelt worden. In einem speziellen Falle, der zu Beschwerden gegen den Forstfiskus Veranlassung gab, war das aus der Forst kommende Wasser braun, dickflüssig und teilweis übelriechend. Es enthielt in 100000 Teilen 31,28 Teile organische Substanzen (Humussäuren usw.) und 17,59 Teile Mineralsubstanzen, darunter 7,81 Teile Kalkerde, 3,07 Teile Eisenoxyd usw. Hier waren die Humussäuren der verderbliche Faktor. Es wird nun in ähnlichen Fällen darauf ankommen, auf welche Bodenart solche Bruchwässer abfließen. Gelangen dieselben auf eisenschüssige Böden oder solche mit Tonuntergrund, werden sie besonders schädlich sein, während ein kalkreicher Boden durch die ihm eigene beschleunigte Zersetzung des Humus eher eine Überflutung aus den Erlenbrüchen, wie solche im Frühjahr bei Hochwasser vorkommt, vertragen kann. Immerhin sind solche Wässer als Berieselungs- und Stauwasser zu vermeiden.

Rohhumus.

Vorteilhaft und unentbehrlich ist der Humus nur dann, wenn er in seinen reinen Lagern oder seinen Mischungen mit dem mineralischen Bodengerüst einer ständigen Durchlüftung neben genügender Befeuchtung zugänglich ist. Seine Haupteinwirkung auf das Pflanzenwachstum besteht nicht in seinem Nährstoffgehalt und der mineralienlösenden Kohlensäure bei seiner Verwesung, sondern in seinen physikalischen Eigenschaften.

Wenn man den Humus mit festen Bodenarten vermengt, lockert man sie und macht sie wärmer und leichter bearbeitbar. In Sandböden wirkt der Humus festigend und steigert die Wasserkapazität, wodurch die Temperaturschwankungen weniger schroff werden. Diese fördernden Eigenschaften, die sich bei der Mischung mit den mineralischen Bodenbestandteilen ergeben, schwinden, sobald der Humus in einer geschlossenen Schicht dem Boden auflagert, also nicht durch reichliche Verwesung und die Arbeit von Mikroorganismen oder von Regenwürmern gekrümelt ist. In geschlossen auflagernden Humusdecken ist der Gehalt an freien Säuren fast immer bedeutend. Diejenigen Waldböden sind die besten, in denen die Humussubstanzen am schnellsten zersetzt und verarbeitet werden. In warmen Klimaten geht die Arbeit am lebhaftesten vor sich.

[1]) Klien, Die nachteilige Einwirkung des aus Ellerbrüchen und Torfmooren kommenden schwarzen Wassers auf die Wiesen. Königsberger land- und forstwirtschaftliche Zeitung 1879, Nr. 28; vgl. in Biedermanns Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1880, S. 568.

Bei günstiger Humuszersetzung sehen wir in Waldböden[1]) die lockeren Waldabfälle, welche die Streuschicht darstellen, von geringer Mächtigkeit und in unmerklichem Übergange zu einer gekrümelten, stärker zersetzten, strukturlosen Humuslage. Fehlen in einer Gegend die die Verwesung begünstigenden Faktoren, dann erhalten sich die Streuschichten, sinken nur allmählich zusammen und werden zu einer festen, faserigen, humosen Masse, die dem Unterboden aufgelagert und mehr oder weniger scharf von ihm getrennt bleibt.

Am meisten geneigt zur Bildung derartig faseriger und wenig erdiger Humusschichten, deren unzersetzte Bestandteile in dichter Masse dem Boden sich auflagern und auf diese Weise den Rohhumus darstellen, sind unsere Waldbestände, wo Heidekraut (*Calluna vulgaris*), Preißel- und Heidelbeeren (*Vaccinium*) und die polsterbildenden Moose wachsen. Die obere Schicht solcher Rohhumuslagen zeigt noch die in ihrer Struktur erhaltenen Pflanzenabfälle miteinander verwebt; die tiefere Lage, bei der die Pflanzenteile nur noch wenig im einzelnen unterscheidbar sind, stellt eine faserige, dunkle, von Wurzeln durchsponnene, humose Substanz dar. In feuchten Buchen-, Kiefern- und Fichtenbeständen und im feuchten Klima wird solcher Rohhumus meist torfartig werden.

Die Entstehung des dichten luftabschließenden Rohhumus kann sehr verschiedene Ursachen haben. Oft sieht man ihn auf Kahlschlägen entstehen. Nachdem ein Wald mit lockerem Waldhumus abgeholzt ist, verwandelt sich mitunter schon nach wenigen Jahren der lockere Humus in einen dichten Filz, dichte Polstermoose, wie *Leucobryum* (Abb. 6), *Dicranum* usw., noch häufiger aber rasenbildende Gräser, wie *Aera flexuosa* u. a., siedeln sich an, und die Humusschicht verdichtet sich. Hier dürfte die unmittelbare Einwirkung von Regen, Wind, Sonne und Kälte auf die Oberfläche die Ursache sein; die den Boden dauernd durchwühlenden und lockernden Tiere, Regenwürmer, Insektenlarven usw. ertragen den dauernden Wechsel der Temperatur und Feuchtigkeit nicht, ebensowenig wie die Verwesungspilze; sie verschwinden, und die mechanische und chemische Lockerung unterbleibt, die Säurebildung beginnt.

Wohl der häufigste Fall ist aber der, daß der Rohhumus in reinen Nadelwäldern entsteht. Kiefern und namentlich Fichten werden in dichten Schonungen gezogen. In Massen fallen die abgestorbenen Nadeln zu Boden und bilden dort bald eine dicke Schicht. In dieser schwer zersetzbaren Masse, die sich besonders in den unteren Schichten dicht lagert, tritt die Verwesung hinter der Fäulnis zurück, und es bildet sich Humus, der durch den Mangel an lebhaftem Tierleben sich bald zum Rohhumus verdichtet und natürlich, wie jede organische Substanz, die sich unter Luftabschluß zersetzt, sauer wird. Die Rohhumusbildung fördernd wirken oft noch Moose und zwar Astmoose (Hypnaceen). Da die Nadeln kreuz und quer fallen, lassen sie zwischen sich bis in eine gewisse Tiefe Licht hindurchdringen; sie bedecken den Boden nicht so dicht wie flache Blätter. Die Moose (und auch andere Pflanzen des Rohhumus) wachsen zwischen den Nadeln zum Licht und verfilzen so die ganze Masse schnell mit ihren

---

[1]) Über den Waldhumus und sein Zerfallen vgl. außer Ramann, Bodenkunde, 3. Aufl., noch Bühler, Untersuchungen über die Bildung von Waldhumus. Stuttgart 1910. — Potonié, H., Die rezenten Kaustobiolithe I. Die Sapropelithe (1902) II. Die Humusbildungen (1911) in Abh. Geol. Landesanstalt Berlin N. F. — Erdmann, Die nordwestdeutsche Heide in forstlicher Beziehung. Berlin, Paul Parey 1907.



Abb. 6. Dicke Polster von *Leucobryum glaucum* in der Lüneburger Heide auf Kiefernrohhumus (Graebner).



Abb. 7. Polster von *Polytrichum commune* auf Rohhumusboden im Bialowieser Urwald (nach Steinecke).

Rhizoiden. In der Lüneburger Heide kann solch Nadelholzrohhumus bis über 3 dm Dicke erreichen.

Welche Dichtigkeit ein solcher Rohhumus annehmen kann, zeigt eine Untersuchung von durch Fichten gebildetem aus der Lüneburger Heide[1]). Ein Hindurchpressen von Luft bei einem Wasserüberdruck von 50 cm fand überhaupt nicht mehr statt, vielmehr erschien der Kolben dabei hermetisch verschlossen und selbst, nachdem der Versuch 24 Stunden ohne Wasserergänzung gestanden hatte, fand ein Durchgang der Luft nicht statt. Es mußte deshalb eine Quecksilbersäule zum Hindurchpressen angewendet werden, und zwar eine solche von 20 cm, deren Druck dann auf Wasserdruck (13,5) umgerechnet ist. Zum Vergleiche wurde sandig-lehmige humose Gartenerde aus Dahlem genommen, die gleichfalls trocken und naß eingedrückt wurde.

Es ergaben sich dabei folgende Werte:

(Die Dicke der untersuchten Bodenschicht betrug in jedem Falle 4 cm bei 4 cm Durchmesser, sie wurde stets im ganzen eingebracht und dann mit Fingerdruck eingedrückt.)

Herkunft des Bodens	Beschaffenheit und Zustand		Wasserdruck cm	1 Liter Luft ging hindurch in Min.	Sek.
Dahlemer Gartenerde		trocken	50	—	50
„ „		naß	50	—	50
Schutzbezirk Wolthöfen	Mineralboden	trocken pulverförmig	50	1	48
„ „	„	naß	50	19	36
„ „	„	wieder eingetrocknet	50	4	32
„ „	Rohhumus	gekrümelt trocken	50	2	28
„ „	„	gekrümelt naß	50	15	35
„ „	„	dicht gelagert naß	270	62	50[2])

Diese Tabelle zeigt zur Genüge, wie sich die Durchlüftungsverhältnisse des Bodens durch die Auflagerung des Fichtenrohhumus verändert haben. Wenn auch vielleicht nicht alle Stellen genau denselben Wert des Luftabschlusses zeigen werden (die Probe wurde an einer Stelle mit mittelstarkem Rohhumus entnommen), so ist doch in den Teilen, in denen die Rohhumusauflagerung bis 2 dm stark wird, die Schwierigkeit der Durchlüftung so groß, daß es selbstverständlich erscheint, daß alle in die Tiefe gehenden Wurzeln schon vor langer Zeit allmählich zum Ersticken kamen. Selbst an den Stellen, an denen der Rohhumus in ungünstiger Form nur einige Zentimeter dick ist, muß der Luftzutritt, namentlich in den feuchten Jahreszeiten, um das Vielfache erschwert werden.

Ramann hat a. a. O. gezeigt, wie auch das Porenvolumen des mineralischen Bodens sich nach der Lagerung ändert, je nachdem er frei an

[1]) Graebner, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen XXXVIII, 1906, S. 713.
[2]) Durchschnitt aus drei Versuchen mit fast genau gleichem Resultat.

der Oberfläche liegt oder fest unter Humus gelagert ist, ob er also durch Frost und chemische Tätigkeit gelockert erscheint oder untätig liegt. Die beiden Versuche mit dem Wolthöfener Mineralboden in trockenem Zustande zeigen dies auch. Dieselbe Bodenprobe, die in pulverigem Zustande fest eingedrückt 1 l Luft in 1 Minute 48 Sekunden hindurchließ, ließ dasselbe Quantum, nachdem sie befeuchtet und wieder getrocknet war, erst in 4 Minuten 32 Sekunden hindurch. Als zweiter Hemmungsfaktor für die Versorgung der unteren Wurzeln mit atmosphärischem Sauerstoff spielt also die Verdichtung der oberen Schichten des gewachsenen Bodens eine nicht unerhebliche Rolle.

Über die Veränderung des Bodens unter einer Rohhumusdecke äußert sich Ramann (a. a. O. S. 199ff.) dahin, daß außer dem Luftabschluß namentlich die Humussäuren den schädlichen Faktor bilden. Diese wirken auf die unverwitterten Silikate energisch zersetzend, bringen Alkalien und alkalische Erden in Lösung und geben, da zugleich die Absorption des Bodens in sauren Lösungen gering ist, Veranlassung zur Auswaschung des Bodens, also zur Wegführung der löslichen Stoffe in größere Tiefen. Wenn Rohhumus auf Sandböden liegt, erscheinen die Körner der obersten Schicht stark ausgebleicht und milchweiß, die eingemischten Silikatgesteine stark verwittert und meist in weißes Kaolin umgewandelt. Die an der Oberfläche noch reichlich vorhandenen humosen Beimischungen nehmen nach der Tiefe hin immer mehr ab, so daß der Boden eine dunkel- bis hellgraue (bleigraue) Farbe zeigt und nach dieser Färbung als Grau- oder Bleisand (da er an Luft und Sonne weiß bleicht, auch als Bleichsand) bezeichnet wird.

Ramann[1]) hat auch gezeigt, wie stark das Porenvolumen desselben Bodens in den verschiedenen Lagerungsverhältnissen schwankt, daß es z. B. bei demselben Diluvialsandboden 41,8 und 57,8 bzw. 37,3 und 50,6% betragen kann, und daß namentlich unter Torf- und Rohhumus die Abnahme des Porenvolumens eintritt.

Unterhalb der hellgefärbten Schicht findet man in scharfer Trennung von derselben einen gelb bis braun aussehenden Boden, der allmählich in den tieferen Lagen heller wird. Hier zeigen die Sandkörner Beimengungen von Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat. Darauf folgt der noch wenig durch Verwitterung angegriffene weiße, rohe Sand. Die oberste humose Bodenschicht erweist sich nun als die am stärksten verwitterte und durch Auswaschung verarmte Lage. Wenn die Auswaschung einer solchen obersten Bodenlage durch den Einfluß des aufgelagerten Rohhumus bis zu einem gewissen Grade vollendet ist, muß die Einwirkung der Bodensalze auf die löslichen Humussäuren aufhören; die Säuren bleiben nun in Lösung und können in tiefere Bodenschichten vordringen. Kommen sie dann wieder in Berührung mit löslichen Salzen, werden sie zur Ausfällung gebracht und überziehen zunächst die einzelnen Bodenkörner mit einer struktur losen Schicht organischer Stoffe. Unter dem Mikroskop fand Sorauer die Sandkörner mit braunen, landkartenähnlichen Zeichnungen bedeckt. Wenn dieser Vorgang andauert, verkitten schließlich die ausgeschiedenen organischen Substanzen die einzelnen Sandkörner zu zusammenhängenden Schichten unterhalb des Bleisandes: es ist Ortstein entstanden.

---

[1]) Ramann, Bodenkunde, 3. Aufl., S. 207.



Abb. 8. Rohhumus- und Ortsteinheide bei Munster in Hannover (Graebner).



Abb. 9. Wie Abb. 8 (Graebner).

Ortstein.

Nach der im vorigen Abschnitt gegebenen Erklärung Ramanns[1]) über die Entstehung des Ortsteins ist dieser also ein Humussandstein. Er kommt in verschiedenen Formen vor, und zwar zunächst als „Branderde“ oder „Orterde“, die eine weiche, zerreibliche Form darstellt und großen Gehalt an organischen Massen aufweist; sie bildet sich in weichen Böden, welche noch wenig ungünstig verändert sind. Der eigentliche Ortstein ist eine feste, steinartig harte Masse, die auf noch zerreiblichen oder losen Bodenschichten auflagert, einen mittleren Gehalt an organischen Stoffen und eine braune bis schwarze Farbe besitzt. Es ist dies die in Norddeutschland verbreitetste Form (Lüneburger Heide). Außerdem gibt es noch heller braun gefärbten Ortstein, der sehr fest und zähe ist und geringe Mengen von organischen Stoffen besitzt. Diese ist die härteste, der Bodenbearbeitung am meisten Widerstand leistende und nicht selten in großer Mächtigkeit auftretende Form.

Zur Beurteilung der Auslaugungsvorgänge diene eine Analyse, welche Ramann (Die Waldstreu, Berlin 1890, S. 30) gegeben[1]) und später (Bodenkunde 3. Aufl., S. 203) etwas verändert hat; nach letzterer Stelle, wo die eingeklammerten Stoffe fortblieben, enthielt Ortsteinboden in der Oberförsterei Hohenbrück in Pommern in seinen verschiedenen Schichten:

a) Bleisand, der 15 bis 20 cm Mächtigkeit besaß und 1,05 % organischer Stoffe enthielt[2]):

	in Salzsäure löslich		der Rückstand in Salzsäure unlöslich
Kali	0,0076	Prozent des Bodens	0,618
(Natron	0,0111		0,167)
Kalk	0,0110		0,060
Magnesia	0,0026		0,020
(Manganoxyduloxyd	0,0032		0,060)
Eisenoxyd	0,0964		0,450
Tonerde	0,0268		1,650
Phosphorsäure	0,0059		0,043
Gesamtgehalt ausschließlich Kieselsäure	0,1646		2,068

b) Ortstein, 5 bis 8 cm mächtig mit 7,28 % organischer Stoffe:

Kali	0,0178	0,754
(Natron	0,0033	0,360)
Kalk	0,0194	0,170
Magnesia	0,0137	0,028
(Manganoxyduloxyd	0,0044	0,047)
Eisenoxyd	0,1936	0,690
Tonerde	1,5256	2,320
Phosphorsäure	0,2906	0,042
Mineralstoffe ausschließlich Kieselsäure	2,0744	4,411

[1]) Ramann, Bodenkunde, 3. Aufl., S. 199ff., 203ff., Abb. 17, 18.

[2]) Graebner, Handbuch der Heidekultur. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1904. S. 194.

c) Der unter dem Ortstein liegende gelbbraune Sand:

	in Salzsäure löslich	der Rückstand in Salzsäure unlöslich
Kali	0,0085	1,103
(Natron	0,0213	0,528)
Kalk	0,0254	0,225
Magnesia	0,0401	0,064
(Manganoxyduloxyd	0,0068	0,026)
Eisenoxyd	0,3448	0,760
Tonerde	0,4000	3,210
Phosphorsäure	0,0281	0,043
Mineralstoffe ausschließlich Kieselsäure	0,0895	5,938

Wir ersehen aus vorstehenden Zahlen, daß der Bleisand nicht nur seinen Gehalt an löslichen Stoffen durch Auslaugung verloren hat, sondern daß auch der größte Teil der überhaupt Nährstoffe enthaltenden Gesteinsreste durch Verwitterung zersetzt und abwärts gespült worden ist.

Es ist also Tatsache, daß gewisse Bodenschichten in Wäldern und (den meist aus solchen Bodenschichten hervorgegangenen) offenen Heiden verarmen. Wirtschaftlich bedeutungsvoll wird dieser Vorgang, wenn der Verarmungsprozeß die Nährstoffzufuhr übersteigt, welche durch die Verwitterung und den jährlichen Laubfall geliefert wird.

Vom eigentlichen Ortstein zu unterscheiden ist der Raseneisenstein, von dem oben S. 99 gesprochen wurde; letzterer ist in einer schwachen Säurelösung, namentlich Salzsäure, unlöslich, während Ortstein sich leicht auflöst.

Besonders in den humosen Heideböden, wo die Rohhumusablagerung zur Ortsteinbildung führt, werden zwei Hauptschädigungsfaktoren in Betracht kommen: der Sauerstoffmangel durch die Bodenverdichtung und der Gehalt an Humussäuren. Über die letzteren vgl. oben bei Säurebildung im Boden.

Für die Kultur handelt es sich nun darum, nicht nur die Ortsteinschichten zu durchbrechen, sondern dieselben auch an die Bodenoberfläche zu bringen. An der Luft zerfallen sie zunächst zu einem braunen, durch Verwitterung der organischen Bestandteile allmählich heller werdenden Sande. Durchfrieren des Ortsteins beschleunigt diesen Vorgang außerordentlich. Der Zerfall pflegt um so rascher einzutreten, je höher der Gehalt an organischen Stoffen ist. Braungefärbte (humusreiche) Ortsteine sind meist in Jahresfrist, hellgefärbte (humusarme) dagegen oft erst in zwei bis vier Jahren zerstört.

Die Bodenvergiftung durch Eisenverbindungen.

Anschließend an den Ortstein, mag als weiterer Schädigungsfaktor für das Pflanzenwachstum in erster Linie das Schwefeleisen als Schwefelkies (und rhombisch kristallisiert als Markasit) hier genannt werden, da es eine der verbreitetsten Ausscheidungen bei Moor- und Heidebildung ist. In den Mooren resp. den auflagernden Trockentorf- (Rohhumus-)Schichten selbst ist das Schwefeleisen weniger anzutreffen als in dem darunterliegenden Sande und an der Grenze zwischen organischer Ablagerung und Untergrund, wo es nicht nur unter Mooren, sondern selbst



Abb. 10. Ortsteinboden in der Lüneburger Heide. Unter dem grauen Bleisand liegt die dunkle Ortsteinschicht (Graebner).



Abb. 11. Ortsteintopf; nach unten topfartig verlängerte Ortsteinlage; im Innern des Topfes ist Bleisand, außen gelber Sand (Graebner).

auf trockenen Heiden, namentlich auf kiesigem Boden fest verkittete Lagen bildet. Wenn Schwefelkies verwittert, entsteht unter Oxydation und Aufnahme von Wasser schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) und freie Schwefelsäure ($FeS^2 + O^7 + H^2O = FeSO^4 + H^2SO^4$).

Eisenvitriol oxydiert unter Bildung basischer Salze zu Eisenoxyd; bei Gegenwart genügender Mengen von kohlensaurem Kalk entsteht schwefelsaurer Kalk (Gips). Wenn kohlensaures Eisenoxydul auftritt, geht dieses unter Verlust der Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat über. Die Eisenoxydhydrate veranlassen bekanntlich die gelbe bis braune Farbe der Böden und zeichnen sich durch eine starke Absorption für Gase (Kohlensäure, Stickstoff usw.) aus. Zu ihnen gehört der Brauneisenstein ($Fe^2[OH]^6$), der den umliegenden Sand verkittet[1]). In den Moorgegenden werden aber die schwefelkieshaltigen Schichten durch Wasser und die stark reduzierende Wirkung der Moorsubstanz oftmals gar nicht zum Oxydieren kommen, weil sie keinen Sauerstoff erhalten können.

Die hauptsächlichste Schädigung, die vom Schwefeleisen zu fürchten ist, wird darin zu suchen sein, daß die bei der Verwitterung sich bildende freie Schwefelsäure nicht durch vorhandene Basen gebunden werden kann. In der Regel ist kohlensaurer Kalk im Boden, so daß sich Gips bilden kann; manchmal entsteht wohl auch Alaun oder schwefelsaure Magnesia. Letztere im Übermaß können ebenfalls schädlich wirken. Sorauer sah bei Versuchen durch überreiche Zufuhr von Alaun die Fleckennekrose bei Gerste auftreten. Wenn aber die Basen fehlen, wird die freie Schwefelsäure direkt als Pflanzengift zur Wirksamkeit gelangen.

Wird bei den Meliorationsarbeiten die schwefelkieshaltige Schicht an die Bodenoberfläche gebracht, muß dieselbe zunächst unfruchtbar bleiben, was sich namentlich bei Heideaufforstungsversuchen öfter unliebsam bemerkbar machte.

Bisweilen können auch schon die oberen Lagen der Moore Schwefeleisen enthalten, wie aus einer Arbeit von Minssen[2]) hervorgeht. Er fand in einer Probe aus Schlesien an wasserlöslicher Schwefelsäure 7,286 % der Trockensubstanz, und zwar 3,940 % als schwefelsaures Eisenoxydul und 3,346 % als freie Schwefelsäure an der Oberfläche und annähernd doppelt soviel in den tieferen Schichten, abgesehen von großen Mengen noch unverwittertem Zweifachschwefeleisen. Die hier charakterisierte Fläche war später auf 62 cm Tiefe abgetorft worden, so daß die reich mit Schwefeleisen durchsetzten unteren Schichten freigelegt wurden. Die Oxydation des Schwefelkieses hatte zur Bildung so großer Mengen pflanzenschädlicher Verbindungen geführt, daß eine landwirtschaftliche Nutzung des Moores auf absehbare Zeit unmöglich erschien. Ein solcher Fall mahnt zur Vorsicht bei Abtorfung von Niederungsmooren.

Die Bildung eisenschüssigen Sandes beruht auf Ausscheidung von Eisenoxydhydrat und Eisensilikaten. Gemische von Eisenoxydhydraten mit wechselnden Mengen von kieselsauren und phosphorsauren Eisenoxyden stellen auch das sogenannte Wiesenerz oder den Raseneisenstein (S. 99, 112) dar. Die Verbindung entsteht in Mooren, stehenden Gewässern und anderen Orten, wo eisenhaltige Wässer mit der Luft in

---

[1]) Ramann, Bodenkunde, 2. Aufl., 1905, S. 87.

[2]) Mitteilungen d. Ver. z. Förderung der Moorkultur im Deutschen Reich, 1904, Nr. 1.

Berührung kommen, unter Mitwirkung von Bakterien (Eisenbakterien nach Winogradski[1]). Neuerdings ist man geneigt, die Mitwirkung von Mikroorganismen geringer anzuschlagen[2]).

Mittel zur Beseitigung der Nachteile luftarmer Böden.

Dränage. Von den Mitteln, welche die Praxis zur Erhöhung der Bodenlüftung anwendet, verdient in erster Linie die Dränage genannt zu werden, welche ebenso nützlich durch die Erleichterung des Luftaustausches in den Bodenzwischenräumen wie durch die Entfernung stagnierender Wassermassen wirkt. Der Dränstrang wirkt nach jedem Regen wie ein Luftsaugapparat. Wenn der Regen kommt und die Bodenräume ausfüllt, nimmt er die gegenüber der Atmosphäre sauerstoffärmere, aber kohlensäurereichere Luft fort. Da aber der Regen durch die Dränstränge schnell aufgesogen wird, strömt ebenso schnell sauerstoffreiche Luft von der Oberfläche her in die Poren hinein und erhöht somit die Oxydationsvorgänge im Boden und die Tätigkeit der sauerstoffbedürftigen Wurzeln und der Mikroorganismen.

Die Befürchtung, daß durch die Dränage die Felder an Nährstoffen verarmen, ist wohl nur selten zutreffend, da die zahlreichen Untersuchungen von Dränwässern nur geringe Spuren von durch die Krume absorbiertem Kali und Ammoniak sowie von Phosphorsäure aufweisen. Salpetersaure Salze allerdings gehen in größerer Menge verloren; aber dieselben werden bei ihrer leichten Löslichkeit im nicht dränierten Boden ebenfalls teilweise in den Untergrund gewaschen werden.

Nicht zu unterschätzen ist ferner die durch die Dränage anwachsende Erwärmbarkeit der Böden und die dadurch erzeugte Verbesserung der Ernte, von welcher man im allgemeinen sagen kann, daß der nasse und deshalb kalte Boden nährstoffärmere Produkte liefert. Warum der nasse Boden ein kalter ist, ergibt die Betrachtung, daß, wenn das Wasser eine spezifische Wärme = 1 hat, die höchste spezifische Wärme, die ein Boden überhaupt zeigt, nur = 0,5 ist, also höchstens die Hälfte derjenigen des Wassers beträgt. Entfernt man also durch Dränage den schwierigst zu erwärmenden Körper, so muß der Boden wärmer werden. Vor der Dränage bleibt der Boden im Frühjahr lange kalt, was ein späteres Erwachen der Vegetation, ein späteres Keimen der Samen veranlaßt. Ein kalter Standort für die junge Pflanze wirkt doppelt störend, da er eine Verzögerung der Ausbildung gerade in einer für die ganze spätere Pflanze maßgebenden Entwicklungsphase hervorruft. Die Bewurzelung wird dürftig, das Aussehen siech, und spätere günstige Temperaturverhältnisse vermögen den Schaden nicht mehr auszubessern. Als Beispiel mag einer der mit Winterroggen von Stöckhardt[3]) ausgeführten Versuche dienen. Die Versuchsparzellen unterschieden sich durch Dränage und Bodenlockerung. Eine Parzelle war durch etwa 2,5 cm weite Dräns in geringer Tiefe durchzogen, und zwar derart, daß an einem Ende des Stranges die knieförmig gebogene Röhre schornsteinartig nach der Bodenoberfläche mündete. Diese sowie eine zweite Parzelle ohne Dräns waren 50 cm tief gelockert, während eine dritte nur 25 cm tief gegraben und nicht dräniert

---

[1]) Winogradski, Über Eisenbakterien. Bot. Zeit. 1888, 260.
[2]) E. Roth, Die Moore der Schweiz, unter Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. Leopoldina 1905, Nr. 3, S. 34.
[3]) Chemische Ackersmann, 1859, S. 232; 1861, S. 100; 1864, S. 22.

war. In Bestätigung früherer, mit Lupinen, Hafer und dergleichen erhaltener Resultate ergab die Ernte, obgleich die jungen Pflanzen bis zum Frühjahr keine Unterschiede zeigten, ein erhebliches Plus auf der dränierten Parzelle. Pro Morgen berechnet betrug die Ernte:

	Körner kg	Stroh und Spreu kg	In Summe kg
Parz. I dräniert und 50 cm tief umgegraben	539	1470	2009
,, II undräniert, 50 cm tief gegraben	411	928,5	1339,5
,, III undräniert, 25 cm tief gegraben	338	859,5	1197,5

	Körnergehalt pro Scheffel kg	Stickstoffgehalt der Körper %
Parzelle I . .	40,80	2,18
,, II . .	39,85	1,83
,, III . .	37,70	1,83

Über den Nutzen der Dränage zur Entfernung von Eisen aus Neubrüchen sagt Pätz[1]): ,,Gewöhnlich findet man das Eisen unmittelbar unter der Ackerkrume, und zwar in der Höhe des gewöhnlichen Grundwasserstandes. Das Grundwasser bringt das Eisen mit nach oben und verkittet in vielen Fällen in der gewöhnlichen Höhe des Grundwasserstandes die Sandkörnchen im Boden derart, daß man sehr oft bei Ausführung einer Dränage einen harten, steinähnlichen, roten Boden findet. Durch Herstellung einer richtig systematisch angelegten Dränage, wobei die Horizontalen von den Saugdräns rechtwinklig durchschnitten, die letzteren mindestens eine Tiefe von 1,2 m haben und die Entfernung zwischen je zwei Dräns auf das Zehnfache der Tiefe angenommen ist, wird der Grundwasserstand bis zur Tiefe der Dräns niedriger gestellt und dem Boden oberhalb der Stränge kein Eisen mehr zugeführt. Das bereits vorhandene Eisen wird durch die atmosphärischen Niederschläge gelöst und den Dränsträngen zugeführt, oder es verbleibt dem Boden als unschädliches Oxyd."

Bodenbearbeitung. Da, wo es sich nicht um die Fortschaffung überflüssigen Wassers handelt, werden statt der Dränage das Rigolen und Tiefpflügen oft am Platze sein. Dabei wird dann Vorsicht geboten erscheinen, wenn in Aussicht steht, daß auf eine fruchtbare Ackerkrume durch das Rigolen oder Pflügen ein toter Untergrund an die Oberfläche gebracht wird. Außer jedesmaliger Düngung darf dann nur allmähliches Vertiefen der Krume im Laufe mehrerer Jahre stattfinden. Da mit einer Vertiefung der Krume die Erweiterung des Wurzelnetzes jeder Pflanze und demgemäß die Erhöhung der Ernte eintritt, also auch eine größere Ausnutzung des Bodens stattfindet, so ist eine zunehmende Düngerzufuhr mit der zunehmenden Bodenlockerung geboten.

Bei den zur Krustenbildung geneigten, sonst physikalisch nicht ungünstig gebauten Böden genügt zur Erhöhung der Bodenventilation das Hacken und Behäufeln. Diese dem Landwirt und Gärtner kaum genug zu empfehlende Manipulation, die auf jedem Boden Verwendung finden kann, reguliert auch die Bodenfeuchtigkeit.

[1]) Hannoversche landw. Zeit. 1880, Nr. 45; vgl. Biederm. Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1880, S. 911.

Manche schöne, praktische Erfahrung über den Vorteil der Bodenlockerung finden wir in den Berichten des Sonderausschusses für Pflanzenschutz bei der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Wir entnehmen ein einziges Beispiel, das sich auf vergleichende Versuchskulturen stützt. Mentzel in Skollmen[1]) (Ostpreußen) teilte einen mit schwedischem Weizen, Eppweizen und Koströmer Weizen im Gemenge bestellten Acker in zwei Teile und hielt eine Hälfte desselben durch Aufeggen nach jedem Regen bzw. durch Aufgrubbern mit dem Federzinkenkultivator gelockert, während bei der anderen Hälfte diese Bearbeitung unterblieb. Letztere ergab, obgleich der Boden besser war, pro Hektar $21^3/_5$ dz, erstere dagegen $26^1/_2$ dz[2]).

Gleichsinnig wie derartige Lockerung der Bodenoberfläche wirkt auch eine Gründüngung, die auf leichtem Boden tief, auf schweren Bodenarten flach untergebracht zu werden pflegt. Durch die Gründüngung wird nämlich der kapillare Aufstieg des Wassers aus den darunter liegenden Bodenschichten unterbrochen[3]). Einerseits wird die Erhaltung der Feuchtigkeit in den tieferen Schichten leichterer Böden erhalten; anderseits wird bei schweren, nassen Böden für eine Aussaat eine gut durchlüftete Krume geschaffen, so daß die Samen normal keimen können. Die aus dem gefährdetsten Keimungsstadium herausgetretenen gekräftigten Pflanzen vermögen dann die nach Zersetzung des Gründungs wieder kapillar stärker aufsteigende Bodennässe besser zu überwinden. Ganz ähnlich bodendurchlüftend wirkt das Verfahren in manchen Baumschulen, auf Niederungsboden jedesmal auf den Grund der Rigolgräben eine Schicht Reisig zu bringen, die dann von der zu bepflanzenden Bodenschicht überdeckt wird.

Durchfrieren. Von höchster Bedeutung für die Kultur luftarmer Böden ist ihre winterliche Lockerung durch gehöriges Durchfrieren. Bedenken wir, daß das Wasser beim Übergang zu Eis eine Vermehrung seines Volumens um nahezu ein Elftel erfährt, so wird uns klar, daß durch die Eiskristalle die dichter liegenden Bodenpartikelchen auseinandergedrängt werden; der Frost arbeitet um so intensiver, je öfter Auftauen und Gefrieren im Laufe des Winters miteinander abwechseln. Natürlich wird die Schnelligkeit der Wirkung von der Bodenbeschaffenheit bzw. dem Wassergehalt abhängen; je geringer der letztere ist, desto schneller und tiefer werden die Frosttemperaturen eindringen. Somit werden im allgemeinen die schweren und die Humusböden am langsamsten gefrieren und auftauen. Welchen Vorteil die Bodenlockerung durch Frostwirkung gewährt, zeigen die Versuche von Wollny[4]). Derselbe ließ im Herbst von drei Parzellen zwei auflockern und in rauher Furche liegen, während die dritte nicht bearbeitet wurde. Diese und eine der beiden anderen wurden im Frühjahr umgegraben, während die dritte bloß oberflächlich bearbeitet wurde. Es zeigte sich nun, daß bei den verschiedensten Kultur-

---

[1]) Jahresb. d. Sond.-Aussch. f. Pflanzenschutz. Arb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges., Heft 107, 1905, S. 64.

[2]) Vgl. dazu auch Schander, Einfluß der Bodenbearbeitung, Düngung u. s. f. auf den Ertrag und den Gesundheitszustand der Kartoffeln. Landw. Centralblatt f. d. Provinz Posen 1917, H. 14.

[3]) King, F. H., Tenth Annual Report of the Agric. Exper. Staat. of Wisconsin, 1884, S. 194.

[4]) Wollny, E., Über den Einfluß des Winterfrostes auf die Fruchtbarkeit der Ackererden. Biedermanns Centralbl. 1902, S. 301.

gewächsen die Erträge der im Herbst nicht in rauhe Furche gelegten Parzelle am geringsten waren, während die im Winter in rauher Furche durchgefrorene und im Frühjahr noch einmal gelockerte die reichste Ernte gab. Auch bei der Kultur der mit Rohhumus überlagerten Heideflächen hat man mit dem Durchfrieren, dem Zermürben, des in rauher Furche über Winter liegenden Humusbodens allgemein gute Erfahrungen gemacht.

Bedeckung der Krume. Wir kommen jetzt zu den Vorteilen, welche schwere Böden durch das Bedecken der Krume mit Streumaterialien erlangen. Der nächstliegende Vorteil ist der, daß die Deckmaterialien dadurch, daß sie den Schlag der Regentropfen auffangen und das Wasser nur leitend der Bodenoberfläche mitteilen, das Zusammenschlagen der Bodenteilchen verhüten und infolgedessen die Krume lockerer halten.

Aufeggen. Über das Aufeggen der Wiesen teilt Anderegg (1880) sehr beachtenswerte Ergebnisse mit. Eine Wiese von gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit und Benarbung wurde in vier gleich große Parzellen geteilt; dieselben ergaben:

1. nicht geeggt und nicht gedüngt	377	kg Heu,
2. „ „ aber gedüngt	833	„ „
3. geeggt und nicht gedüngt	770	„ „
4. „ „ gedüngt	1563	„ „

Das Aufeggen der Wintersaaten öffnet nicht nur den verkrusteten Boden wieder, sondern erhöht auch wesentlich die Bestockung. Conradi[1]) weist jedoch mit Recht darauf hin, daß die Egge nur dann brauchbar sein wird, wenn die Kruste nicht allzu dick ist und der Boden nicht zu bindig erscheint. Auch muß man, wenn eine Verkrustung im Frühjahr vorauszusehen ist, eine verstärkte Aussaat eintreten lassen, da das Aufeggen Pflanzen vernichtet, also der Pflanzenbestand dünner wird. Darum ist das Aufeggen auch lediglich zur Auflichtung von Saaten sehr anwendbar. Die Vergrößerung des Standraumes für die stehengebliebenen Pflanzen bedingt eine erhöhte Lichtzufuhr zu den Basalknoten und die Erweckung der Seitentriebe, sobald diese Knoten durch die von der Egge angehäufelte Erde auch feucht erhalten und vor zu schneller Verholzung geschützt werden. Wenn die Erde bei dem Eggen nicht genügend krümelt, muß die Walze, am besten die Ringelwalze, nachhelfen. Die Walze wird sogar in der Mehrzahl der Fälle der Egge folgen müssen, einerseits darum, weil bei bindigeren Böden die vollständige Krümelung durch die Egge nicht gelingt, und anderseits, weil es erforderlich ist, daß die aufgerissene Erde an die Basis der Pflanzen wieder angedrückt werde. Der günstigste Zeitpunkt für diese Eggenarbeit hängt von der Entwicklung der Pflanze und dem Wassergehalt des Bodens ab. Sind die Pflanzen schon zu weit herangewachsen, oder herrscht anhaltend trockene Witterung, dann sollte das Eggen unterbleiben oder im letzteren Falle doch niemals ohne nachfolgendes Walzen ausgeführt werden.

Kalken, Mergeln, Gipsen. Die Bedeutung des Kalkes beruht sowohl in seiner chemischen Wirkung als direkter Nährstoff, als auch in den die mechanische Bodenbeschaffenheit ändernden Eigenschaften. Abgesehen von der Begünstigung der Krümelstruktur, ist hervorzuheben, daß in Tonböden der Kalk die Silikate angreift und lösliche Kaliumverbindungen

[1]) Der praktische Landwirt vgl. Fühlings landw. Zeitg. 1880, S. 151.

frei macht. Durch schnellere Zerstörung der organischen Substanzen bringt er die Humusstoffe besser zur Verwesung.

Betreffs der technischen Ausführung des Kalkens wird empfohlen, den gebrannten Kalk in Körben so lange unter Wasser zu halten, bis keine Luftblasen mehr aufsteigen (etwa drei bis vier Minuten), und dann die Stücke auf einen Haufen zu schichten. Sie zerfallen (löschen sich) von selbst, und der Kalkstein, der durch das vorhergegangene Brennen seine Kohlensäure verloren, wird nun ein weißes Pulver aus Kalziumhydroxyd ($Ca[OH]^2$) und stellt als solches den gelöschten Kalk dar, der sich in 730 Teilen kalten, aber erst in 1300 Teilen kochenden Wassers löst (Kalkwasser). 100 Teile gebrannten Kalks entsprechen 132 Teilen gelöschten Kalkes.

Das Kalkpulver ist bei windstillem Wetter recht regelmäßig mit der Hand oder einer passenden Schaufel über den Acker zu verteilen. Man tut gut, es im Herbste auf die Stoppel zu streuen und dann flach unterzuackern; muß man bis zum Frühjahr warten, dann streue man möglichst zeitig vor der Saat, sobald der Boden abgetrocknet ist. Schwächere Dosen (15 bis 30 Zentner pro Hektar) in etwa fünfjähriger Wiederholung empfehlen sich mehr als einmalige starke Kalkung, weil durch letztere die Humuszersetzung so heftig wird, daß die nachfolgende Erntesteigerung auf Kosten späterer Produktion stattfindet. Man sagt in der Praxis, Kalkboden sei ein zehrender Boden, weil er wegen seiner die Verwesung begünstigenden Eigenschaften den tierischen Dünger schnell verzehrt.

Natürlich hängt das Quantum des Kalkes vom Boden ab; am meisten wird der zähe Tonboden vertragen, während man auf einem armen Sandboden am vorsichtigsten sein muß. Ganz kraftlose oder an stehender Nässe leidende Böden darf man nicht kalken. Die am schnellsten in die Augen springenden Resultate wird ein kalkarmer, aber humoser Boden liefern, auf dem Sauerampfer (*Rumex acetosella*) auf Kalkmangel hinweist. Hier wird der Kalk vorzüglich als Pflanzennährstoff wirken.

Wenn man örtliche Kalklager verwendet, also etwa Wiesenkalk oder Ton- und Lehmmergel oder sogenannte Abfallkalke (Gaskalk, Kalkschlamm, Kalkasche), ist es unbedingt empfehlenswert, die Massen vor der Anwendung zum Zerfallen durchlüften oder besser noch durchfrieren zu lassen. Bei Abfallkalken überzeuge man sich vorher durch einen kleinen Versuch, ob sich keine schädlichen Nebenwirkungen herausstellen. Nach den Versuchen von Hoffmann[1]) ist zu berücksichtigen, daß Kalidüngung um so weniger vernachlässigt werden darf, je mehr man Kalk zuführt. Bei Stallmistdüngung ist es gut, den Kalk längere Zeit vor dieser in den Boden zu bringen. Knochenmehl vermeide man auf kalkhaltigen Böden; desgleichen ist es auch nicht ratsam, Ammoniak und Superphosphat-Ammoniak zu gleicher Zeit mit Kalk unterzubringen. Auf bindige, tonige Böden gehört gebrannter, gemahlener Kalk, auf die besseren Lehmböden Stück- oder gelöschter Kalk.

Auch bei dem Mergeln ist der Kalk das wirksamste Prinzip, und daraus ergibt sich schon, daß ein toniger und humusreicher Boden das Mergeln besser verträgt als magerer Sandboden, der wiederum von Tonmergel mehr als von Kalk- oder Sandmergel bekommen kann. Das zum Teil gefürchtete „Ausmergeln“ wird nur dann eintreten, wenn man mit der

---

[1]) Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Ges. 1905, S. 367.

Stallmistdüngung in Rückstand bleibt. Letztere ist aber für alle Bodenarten und speziell für die schweren Böden unerläßlich zur Erhaltung leistungsfähiger Äcker. Keine Mineraldüngung kann Stallmist ersetzen.

Der Einfluß, den der im Mergel auf den Acker gebrachte kohlensaure Kalk auf die Verwesung der humosen Stoffe ausübt, wird sehr deutlich durch die Versuche von Petersen[1]) illustriert. Derselbe bestimmte die durch den Verwesungsprozeß in verschiedenen Bodenarten entstehende Kohlensäure ohne und mit Zusatz von kohlensaurem Kalk. Bei Anwendung eines als vollkommen unfruchtbar bezeichneten, schweren Tonbodens mit 1,98% Humus und 36% seiner wasserhaltenden Kraft an Wassergehalt erhielt er in 16 Tagen 0,07% vom Gewicht des trockenen Bodens an Kohlensäure; dagegen ergab derselbe Boden unter denselben Verhältnissen bei Zusatz von $^1/_2$% kohlensauren Kalkes, der als Mergel demTon beigemischt worden war, 0,20% Kohlensäure oder

pro Liter trockenen Bodens ohne Zusatz von Kalk 0,9153 g,
" " " " mit " " $^1/_2$% " 2,6167 "

Eine Laubholzerde von stark saurer Reaktion mit 58% Humus und 30% der wasserhaltenden Kraft an augenblicklichem Wassergehalt ergab ohne und mit Zusatz von 1% kohlensaurem Kalk (wobei die Erde noch sauer reagierte) nach 16 Tagen: ohne Kalkzusatz pro Liter trockenen Bodens 0,8911 g, mit Zusatz von 1% kohlensaurem Kalk 3,386 g. Bei Zusatz von 3% kohlensauren Kalkes lieferte der Boden 5,3476 g Kohlensäure, während die dazu gehörige kalklose Vergleichsreihe nur 0,9664 g CO_2 erzeugte. Der Kalkzusatz hatte somit eine drei- bis viermal so große Kohlensäureproduktion, also Humuszersetzung hervorgerufen gegenüber dem Boden im ungemergelten Zustande.

Heiden in Pommritz faßt die Wirkung des Mergelns dahin zusammen: Die chemische Wirkung des Mergels beruht vor allem in dem Gehalte desselben an kohlensaurem Kalke und besteht in beschleunigter Zersetzung der organischen Bodenbestandteile, in der Bindung der dem Pflanzenwachstum so schädlichen freien Säuren, in Verwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd, in Vermittlung der Absorption der basischen Nährstoffe durch den Boden. Die Basen werden im Boden als wasserhaltige Silikate und als humussaure Salze festgehalten; bei der Absorption der Basen durch die Humuskörper müssen diese Basen an Kohlensäure gebunden vorhanden sein. Die Vermittlung der Bildung von kohlensauren Salzen bewirkt der Kalk. Es werden ferner die mineralischen Bestandteile des Bodens zersetzt, wodurch die basischen Nährstoffe frei und für die Pflanze aufnehmbar gemacht werden. Nicht jeder Mergel paßt auf jeden Boden; der Tonboden muß womöglich einen Kalk- oder Sandmergel erhalten.

Gegenüber diesen indirekten Vorteilen zeigt sich die direkte Wirkung des Mergelns in der Zufuhr von Kali, löslicher Kieselsäure, Magnesia, Phosphorsäure, die außer Kalk in jedem Mergel vorhanden sind.

Ganz besonders wirksam aber zeigt sich das Kalken und Mergeln des Bodens gegen das Verschlämmen der Bodenoberfläche. Durch die Zufuhr von Kalk, der im Boden als doppeltkohlensaurer zum Teil in Lösung ist, wird das Verschlämmen verhindert, wie die praktische Erfahrung lehrt.

---

[1]) Jahresbericht f. Agrik. 1870/72 Landwirtsch. Versuchsstationen, XIII, S. 155.

Es muß von allen Salzen, auch von den am besten wirksamen Kalk- und Magnesiasalzen, eine bestimmte Menge in der Flüssigkeit enthalten sein (der Schwellenwert der Wirkungen muß überschritten werden), wenn ein Absetzen der Tonteile eintreten soll. Auch in den Flüssen macht sich die flockende Wirkung gelöster Salze geltend, indem sich z. B. Sinkstoffe in Flüssen aus Kalkgebieten schneller absetzen als aus kalkarmen Gegenden[1]). Für die Landwirtschaft direkt wird die Krümelung dadurch wichtig, daß auf ihr die Gare des Ackers beruht. Die Krümel des Bodens verhalten sich ähnlich wie die Tonflocken. Die Wirkung des Kalkes zeigte Hilgard dadurch, daß er festen Tonboden mit 1% Ätzkalk knetete. Während der ursprüngliche Tonboden nach dem Trocknen steinhart wurde, erwies sich der mit Kalk versetzte bröckelig und mürbe. Da neben der andauernden mechanischen Bodenbearbeitung die Salze die Lockerheit des Ackerbodens bedingen, so wird dies auch bei Waldboden in gleichem Maße der Fall sein. Wenn die die Krümelstruktur bedingenden löslichen Salze vermindert werden, wie durch übermäßige Streunutzung, Bedeckung mit Rohhumus, Auswaschen aus den oberen Schichten u. dgl., muß eine Bodenverdichtung eintreten.

Bei der Rübenkultur ist vielfach die Zufuhr von Scheideschlamm aus den Zuckerfabriken in Gebrauch. Der mechanische Einfluß macht sich hier nicht selten dadurch geltend, daß infolge gesteigerter Erhitzbarkeit und Wasserarmut diese Böden nachher Herz- und Trockenfäule hervorrufen.

Einige Worte seien hier auch über das Gipsen angeführt. Bekannt sind die Worte Franklins „this has been plastered", die derselbe mit Gips auf das Kleefeld schrieb, um seinen Landsleuten das übrigens schon den Römern (Knop, Kreislauf des Stoffes) und Griechen als vorteilhaft bekannte Verfahren zu empfehlen. Nach den Versuchen von Knop, Déhérain und Liebig macht eine Gipslösung in Böden, die absorbiertes Kali enthalten, dasselbe als schwefelsaures Salz frei, während sich Kalk niederschlägt. Die von der Praxis empfohlene Methode, den Gips auf frisch betaute oder beregnete Kleepflanzen aufzustreuen, erklärt sich dadurch als vorteilhaft, daß auf den nassen Pflanzen schon eine Gipslösung entsteht, die von der Pflanze abtropft und sofort in der nächsten Nähe der Wurzeln wirksam werden kann. Sie wird dann schnell für die Bakterienflora vorteilhaft, da die Untersuchungen von Pichard[2]) u. a. dartun, daß Gips und andere Sulfate (von Kalium und Natrium) auf den Nitrifikationsprozeß einen höchst günstigen Einfluß ausüben. Gips ist in ungebrauchtem Zustande zu verwenden, und zwar für Klee oder auch für Lupinen zu 2 bis 5 Zentner pro Morgen im Frühjahr.

Wenn oben von dem die Verwesung begünstigenden Einflusse des Kalkhydrats oder Kalkkarbonats gesprochen worden ist, so muß noch hervorgehoben werden, daß nach den Arbeiten von Wollny[3]) dieser Vorteil nur bei dem bereits in Zersetzung übergegangenen und schon Humussäuren enthaltenden Material aufzutreten scheint, während der Kalkzusatz auf unzersetzte organische Substanz die Verwesung eher verzögert. Dies gilt speziell auch für das Kalziumsulfat (Gips), das als Konservierungs-

[1]) Ramann a. a. O. S. 226.
[2]) Pichard, Annales agronomiques X, p. 302.
[3]) Wollny, E., Die Zersetzung der organischen Stoffe usw. Heidelberg, Carl Winter, 1897, S. 133ff.

mittel für tierischen Dung in Betracht kommt. In einem Gemisch aus Quarzsand (300 g), Torfpulver (5 g) und 60 ccm Wasser fand Wollny[1]):

	Volumen Kohlensäure in 1000 Volumen Bodenluft		
	ohne Gipszusatz	mit	
		0,05 g	0,1 g Gips,
CO_2	3,194	3,029	2,713

Die Beigabe von Gips hatte sonach den Verlust an organischer Substanz und auch an Stickstoff herabgedrückt, also einen hemmenden Einfluß auf die Verwesung ausgeübt. Über die Anwendung von Kalkverbindungen als Gegenmittel gegen Krankheiten, bei denen Stickstoffüberschuß in Betracht kommt, wird bei den einzelnen Krankheitsfällen gesprochen werden.

Von großem Interesse erscheinen die in einer Arbeit von Hilgard[2]) niedergelegten Angaben über die „Alkaliböden" Kaliforniens. Die oft mitten zwischen vorzüglichem Kulturlande eingesprengten Alkalistellen enthalten so viel Salze, daß dieselben sich durch Effloreszenz auf der Oberfläche bemerkbar machen. Diejenigen, welche alkalische Karbonate (und teilweise auch Borate) enthalten, zeichnen sich durch die Schwierigkeit oder fast Unmöglichkeit aus, zur Herstellung einer eigentlichen Ackerkrume gebracht zu werden. Nach jedem Regen steht auf diesen, durch ihre niedrigere Lage kenntlichen Stellen von aufgelöstem Humus gefärbtes, kaffeebraunes Tonwasser zuweilen wochenlang. Dieselbe Bearbeitung, welche den danebenliegenden guten Boden zu einer aschenartig lockeren Beschaffenheit bringt, macht das Alkaliland zu einem Haufwerk abgerundeter Schollen von der Größe einer Erbse bis zu einer Billardkugel.

Die von dem Alkaliboden ausgelaugte, schwarzbraune Lösung gab nach dem Abdampfen, Glühen und Sättigen mit Kohlensäure 0,251 % unverbrennlichen Rückstand; hiervon waren 0,158 % wieder in Wasser löslich, und dieser lösliche Teil bestand aus Natriumkarbonat 52,74 %, Natriumchlorid 33,08 %, Natriumsulfat 13,26 %, Natriumtriphosphat 1,83 %.

Die 0,093 % unlöslichen Rückstandes des geglühten Wasserextraktes enthielten Kalziumkarbonat 14,02 %, Kalziumtriphosphat 5,37 %, Magnesiumtriphosphat 5,77 %, Kieselerde in Na^2CO^3 löslich 24,37 %, Eisenoxyd, Tonerde und etwas Ton 50,47 %.

In diesem Falle sowie auch bei vielen anderen alkalischen Bodenarten Kaliforniens bringt die Zutat einer hinlänglichen Menge Gips eine auffällige Wirkung hervor. Die kaustische Wirkung des Alkalikarbonates auf Samen und Pflanzen wird sofort aufgehoben, so daß dort, wo vorher nur „Alkaligras" (*Brizopyrum*) und Chenopodiaceen wuchsen, bald Mais und Weizen ohne Schwierigkeit fortkommen. Zur mechanischen Änderung der Bodenkrume, zur größeren Lockerung derselben bedarf der Gips natürlich längerer Zeit.

Die Veränderungen im Moorboden durch die Kultur.

Notwendig ist es schließlich noch, einen Einblick zu gewinnen, inwiefern die schädlichen Faktoren der Humusböden bei der Kultur sich geltend machen und durch die Kultur eine Änderung erfahren. Über die

---

[1]) Journal f. Landwirtschaft, 1886, S. 263.

[2]) Hilgard, Über die Flockung kleiner Teilchen und die physikalischen und technischen Beziehungen dieser Erscheinung. American Journal of sciences and arts XVII March 1879. Forsch. auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik, 1879, S. 441.

„Besandung" ist im Vorhergehenden bereits gesprochen worden. Es käme somit die Düngung zur Erörterung, da der Nährstoffgehalt, namentlich im Hochmoor, so gering ist, daß nur spezielle Pflanzen mit geringem Nährstoffbedürfnis und hoher Anpassungsfähigkeit an Humussäuren zu gedeihen vermögen (*Sphagnum*, *Eriophorum*, viele *Carex*-Arten, *Calluna* usw.). Alle Düngemittel müssen zunächst dahin wirken, die die Zersetzung übernehmenden Mikroorganismen im Moor zu vermehren; denn in dem humussauren Boden ist die Bakterienflora äußerst dürftig. Über den Einfluß der Kulturmaßnahmen auf die Zunahme der Bakterienvegetation im Moorboden finden wir eine beachtenswerte Arbeit von Fabricius und v. Feilitzen[1]), welche die früheren Versuchsergebnisse von Stålström[2]) bedeutend erweitern. Letzterer stellte bereits fest, daß der im natürlichen Zustande an Bakterien äußerst arme Moorboden durch Entwässerung schon an Mikroorganismen reicher wird. Dies wird besonders für Hochmoore bedeutungsvoll, da sie viel ärmer als Niederungsmoore an Bakterien sind, was wohl mit dem geringen Stickstoffgehalt der ersteren zusammenhängt. Die mit Ton gemischten oder durch Düngung verbesserten Moore haben höheren Bakteriengehalt. Die Bakterienflora hält sich dabei fast ausschließlich in der oberen 15 bis 25 cm dicken Bodenlage auf. Fabricius und v. Feilitzen prüften auch den Feuchtigkeitsgehalt in der oberen Bodenlage und fanden, daß derselbe bei unkultiviertem Hochmoor durch Entwässerung etwa nur von 90 auf 87 % herabgegangen war, dagegen durch andere Kulturmaßnahmen bis auf etwa 64 % sinken konnte. Letztere bestanden in einer Mischung der Krume mit Sand, infolgedessen entwickelte sich ein anderer Pflanzencharakter. Die Bodentemperatur war auf dem jungfräulichen Moor am niedrigsten. Bloße Entwässerung übte wenig Einfluß (+ 0,3° C), aber die kultivierten Beete zeigten eine anhaltende Steigerung von beinahe 2° C. Betreffs der chemischen Zusammensetzung ergab sich, wie zu erwarten, im natürlichen Hochmoor der Kalkgehalt sehr gering; ebenso war der Stickstoffgehalt gering, während er in den Niederungsmooren sich befriedigend erwies. Interessant ist der Rückgang der Humussäuren durch die Kultur: der Gehalt betrug im natürlichen Hochmoor mehr als 2 % und ging durch Besandung, Kalkung und Düngung auf etwa 0,3 % zurück.

Die Bakterienflora fanden die genannten Forscher infolge der sauren Reaktion des Bodens im Hochmoor nur spärlich entwickelt und auch durch Entwässerung wenig gehoben; dagegen zeigte sich eine große Steigerung durch Besandung, Kalkung und Düngung und die damit zusammenhängende Bearbeitung des Bodens. Sand führte neue Bakterien zu, Stallmist gewährte eine derartig reiche Ernährung, daß der Bakteriengehalt so hoch wurde wie in einem Niederungsmoor bei denselben Kulturbedingungen. In beiden steigt und fällt der Bakteriengehalt parallel mit der Bodentemperatur.

Bezüglich des Stalldüngers gehen die Erfahrungen der Praktiker sehr auseinander. Es ist vielseitig ein Mißerfolg dabei beobachtet worden. Anderseits finden sich Berichte, welche selbst in Mooren mit großem

---

[1]) Fabricius, O., und Hjalmar von Feilitzen, Über den Gehalt an Bakterien in jungfräulichem und kultiviertem Hochmoorboden auf dem Versuchsfelde des Schwedischen Moorkulturvereins bei Flahult. Centralbl. f. Bakteriologie usw. II. Abt., Bd. XIV, S. 161. 1905.

[2]) Om lerslagningens betydelse. Finska Mosskulturföreningens årsbok. 1898. S. 44.

Stickstoffgehalt eine äußerst vorteilhafte Wirkung des Stalldüngers feststellen, wie F. Graf Schwerin[1]) berichtet.

Man könnte sich diesen Widerspruch folgendermaßen erklären: Selbst in Mooren, die Stickstoff im Überfluß enthalten, kann eine Stallmistdüngung von sehr günstiger Wirkung sein, wenn das Moor wenig zersetzt ist, der Stickstoff darin also wahrscheinlich noch in wenig aufnehmbarer Form (z. B. in organischen Verbindungen) vorhanden ist. Auf zersetzten Mooren aber sind die Erträge nach Stalldung tatsächlich schwach, und das Unkraut wuchert in erdrückender Menge, weil durch die Dungzufuhr vermutlich einseitiger Stickstoffüberschuß ohne genügendes Gegengewicht von Phosphat- und Kalkzufuhr sich geltend macht.

Bei der Moorkultur handelt es sich in erster Linie um das Kali. Dies gilt auch für Moorwiesen, bei denen eine gute Heuernte aber nach M. Fleischer[2]) außer Kali auch Phosphorsäurezufuhr verlangt (Thomasphosphatmehl). Sorauer warnt bei dieser Gelegenheit vor dem Übererdungsverfahren, wenn das Grundwasser nicht tiefer als 20 bis 40 cm steht. Die Form, in welcher das Kali gegeben wird, dürfte auch in der Mehrzahl der Fälle maßgebend sein; denn Tacke[3]) erwähnt, daß er bei Kartoffeln den besten Erfolg bei Chlorkalium erzielt habe. Knollenmenge und Stärkegehalt waren dabei am höchsten. Während die Knollen ohne Kalidüngung 17,67 % Stärke enthielten, besaßen sie bei Kainitdüngung nur 17,02 %, bei Karnallitzufuhr sogar nur 16,48 %, dagegen bei Chlorkalium 18,02 %. Die Düngemittel wurden im Herbst gegeben: Frühjahrsdüngung setzte Quantität und Qualität der Knollen herab. Hensele[4]) fand bei seinen Kartoffelanbauversuchen, daß Kainit auf Wiesenmoorboden den Stärkegehalt der Kartoffel bedeutend zurückdrückte. Bei Vergleichskulturen auf Mineralboden und Moorboden waren die Erträge des ersteren größer, und der Stärkegehalt der Moorkartoffeln erreichte niemals den der Knollen auf Mineralboden oder den des Saatgutes.

Bezüglich der Schädlichkeit der Frühjahrsdüngung sei auf die Berichte der Generalversammlung des Vereins zur Förderung der Moorkultur verwiesen[5]). Dort findet man besonders betont, daß Kainit und Thomasmehl im Herbst auf das Moor gestreut werden müssen, weil die Frühjahrsdüngung bei Hackfrucht den Zucker- und Stärkegehalt herabdrückte. Für Thomasmehl sei die Herbstdüngung auch darum günstiger, weil die Säure des Moores viel länger lösend einwirken könne. Chilisalpeter hatte bei den Versuchskulturen den Zuckergehalt der Rüben um 1,5 % vermindert. Auch die Vorfrucht scheint bei den Moorkulturen eine Rolle zu spielen, wie ein Fall aus Posen zeigt[6]). Dort waren nur diejenigen Zucker- und nachgebauten Futterrüben erkrankt, welche nach Senf angebaut worden waren. Betreffs der Rübenkultur kommt Hollrung[7]) zu dem Resultat, daß reines Moorland am besten ganz vermieden werden müsse und selbst besandetes nur bei großer Vorsicht verwendbar sei.

---

[1]) Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1895, Heft 6.

[2]) Milchzeitung 1887, Nr. 8.

[3]) Tacke, B., Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1895, Heft 6.

[4]) Hensele, J. A., Bericht der Moorkulturstation „Erdinger Moos" 1900/01. Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1903, Heft 3. — [5]) Jahrg. 1895, S. 123.

[6]) Elfter Jahresb. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz. Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 71, S. 130.

[7]) Hollrung, Die verschiedenen Bodenarten und ihre Eignung für den Rübenbau. Blätter f. Zuckerrübenbau, 1905, Nr. 14, S. 217.

2. Beschränkter Bodenraum.

Die Wurzelkonkurrenz.

Für den praktischen land- und forstwirtschaftlichen Betrieb spielt die Frage der Beschränkung des Bodenraumes, wenn damit nicht Nährstoffmangel verbunden ist, eine viel größere Rolle, als man gemeinhin annimmt. Dem Forstmann sind die Schädigungen wohlbekannt, die entstehen, wenn eine einzelne Baumart in gleichalterigen Exemplaren in dichtem Stande erzogen wird, namentlich dann, wenn der betreffende Baum eine tiefe Durchwurzelung nicht zuläßt. Er bezeichnet die Schädigung, das Zurückbleiben und Kranken der Stämme als durch „Wurzelkonkurrenz" verursacht, wie sie eben in dem unnatürlichen Kunstgebilde, der „Forst", viel leichter dadurch zustande kommt, daß die den Bestand zusammensetzenden Bäume nicht nur einer Art, etwa der Kiefer oder der Fichte oder der Eiche usw., angehören, sondern daß sie auch noch gleichaltrig sind, so daß sie alle in dem Boden die gleichen Ansprüche, die gleiche Wurzeltiefe usw. haben, abweichend von dem natürlichen gemischtartigen und gemischtaltrigen „Walde".

Den Gärtnern und Landwirten ist bekannt, daß gewisse Pflanzenarten, wie z. B. der Mohn, *Papaver somniferum*, auch auf dem nährstoffreichsten Boden nur Kümmerexemplare erzeugen, wenn die Saat zu dicht gestreut ist, die Pflanzen zu dicht stehen. Alle wurzeln nur verhältnismäßig oberflächlich und nutzen das Nährstoffkapital nicht aus.

Vielfach sind aber die Meinungen über einen Einfluß des allzu geringen Bodenraumes für die Wurzelausbreitung geteilt. Vorherrschend und auch seitens mancher Agrikulturchemiker ausgesprochen ist die Ansicht, daß die mechanischen Wirkungen bei dicht aneinandergepreßten und in mannigfachen Krümmungen durcheinandergewirrten Wurzeln ohne Einfluß auf das Gedeihen der Pflanzen sind. Es könne sich bei beschränktem Bodenraum immer nur darum handeln, daß ein Nährstoffmangel sich schnell geltend mache, und diesem sei mit Vorteil durch Düngung abzuhelfen. Der beste Beweis liege in der Anzucht der sogenannten „Marktpflanzen" der Gärtner in großen Städten, die, dem Geschmack des Publikums entsprechend, äußerst kräftige Büsche von Blütenpflanzen (Fuchsien, Pelargonien, Begonien usw.) in relativ sehr kleinen Blumentöpfen heranzuziehen wissen.

Die Tatsache ist richtig, die Deutung aber unzutreffend, und gerade diese allein in kleinen Töpfen stehenden Pflanzen geben das beste Beispiel zur Erklärung der Erscheinung der Wurzelkonkurrenz.

Die Beschränkung einer großen Wurzelmasse auf einen kleinen Raum hat zunächst die Vermehrung der Wurzelkrümmungen zur Folge, und diese Krümmung bildet die Veranlassung zur gesteigerten Produktion von Seitenwurzeln. Diese Erscheinung läßt sich leicht bei Wasserkulturen beobachten. Wenn eine stärkere Wurzel den Boden des Glasgefäßes erreicht und die Spitze sich nun umzulegen gezwungen ist, entstehen alsbald neue Seitenwurzeln. Noll[1]) hat diesem Umstande ein besonderes Studium gewidmet. Er fand, daß an gekrümmten Wurzelstrecken die Seitenwurzeln einseitig auf der Konvexflanke angelegt werden. Die Konkavflanke bleibt frei;

---

[1]) Noll, F., Über den bestimmenden Einfluß der Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln. Landwirtsch. Jahrbücher XXIX (1900), S. 361.

dies trifft für Haupt- und Nebenwurzeln zu, und zwar nicht bloß bei mechanischen Einflüssen, sondern auch bei geotropischen und hydrotropischen Reizwirkungen. Pollock[1]) wies dabei nach, daß die gekrümmten Wurzeln auf der konvexen Seite in ihren Zellen mehr Wasser als auf der konkaven Seite enthalten.

Noll schreibt dieses Hervortreten neuer Seitenwurzeln an der Krümmungsstelle einem Empfindungsvermögen der Pflanze für Formverhältnisse des eigenen Körpers (Morphästhesie) zu. Man kann diesen Ausdruck annehmen, wenn man darunter eine mechanische Stoffverschiebung versteht, die infolge des Krümmungsreizes in den gereizten Geweben sich einstellt. Der Vorgang dürfte ähnlich dem bei direkter Verwundung eintretenden verlaufen, bei welchem eine Plasmaanhäufung in den der Wundfläche benachbarten Zellen sich nachweisen läßt. Selbstverständlich begegnet man auch Seitensprossungen an konkaven Stellen gekrümmter Wurzeln; aber in solchen Fällen war die Anlage des Seitenorgans schon vorhanden, bevor die Krümmung der Mutterwurzel stattgefunden hatte.

Bei dem Wachstum der Bäume im Freien kann der Umstand der Entwicklung von Seitenwurzeln an der Konvexseite praktischen Vorteil haben, indem die Pflanze fester verankert wird und sich Bodenräume zur Nährstoffausnutzung aussucht, die sonst vielleicht von Wurzelästen nicht durchzogen worden wären. Aber in dem Falle, wo der Gesamtwurzelballen nur einen bestimmt zugewiesenen engen Bodenraum zur Verfügung hat, wie bei den Topfkulturen, oder wo in unmittelbarer Nachbarschaft wieder reichwurzelige Konkurrenten stehen, entstehen Nachteile, die in der Produktion der organischen Substanz zum Ausdruck kommen müssen. Dieser Nachteile können wir uns schon bewußt werden, wenn wir einen sogenannten durchgewurzelten Topfballen näher betrachten. Die größte Menge der jungen Wurzeln ist nach der Peripherie gedrängt und derart der porösen Wandung des Blumentopfes angepreßt, daß bei dem Abheben des Topfes zahlreiche Fasern abreißen. Ein Teil der Wurzelfasern ist band- oder hautartig verklebt. Im dichten Filz des Ballens ist stets ein Teil der Wurzeln abgestorben.

Das Hinstreben der Wurzeln nach der Topfwandung ist dem Sauerstoffbedürfnis des Wurzelkörpers zuzuschreiben. Dasselbe kann natürlich um so weniger befriedigt werden, je dichter das Wurzelnetz den Erdballen durchsponnen hat, und je mehr durch „Beschlagen", Schmierigwerden oder äußere Verhältnisse eine Verdichtung der porösen Topfwandung eintritt. Letzteres führt dann oft schnell zum völligen Absterben des Wurzelkörpers. Dazu kommen nun die eigenen Ausscheidungen des Wurzelkörpers. Betreffs derselben stellte Czapek[2]) fest, daß sie sowohl in feuchter Luft als auch bei Wasserkulturen nachweisbar sind. Im dampfgesättigten Raume bemerkt man dieselben nicht selten in Gestalt von Tröpfchen an den Wurzelhaaren infolge starken Innendruckes der Zellen.

Ausgeschieden werden minimale Mengen von Kali, Kalk, Magnesia, Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure, von denen das Kaliumphosphat, das die bekannte Rötung des Lackmuspapiers veranlaßt, etwas

---

[1]) Pollock, James, The mecanism of root curvature. Botan. Gaz. Chicago, XXIX, 1900, S. 1ff.

[2]) Czapek, Fr., Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1896. XXIX. Heft 3.

reichlicher hervortritt. Bezüglich der Säuren fand Czapek, daß Milchsäure und Essigsäure sich nicht nachweisen ließen; dagegen war Ameisensäure in Form des Kaliumsalzes als Diffusionsprodukt der lebenden jüngsten Wurzelpartien nicht selten aufzufinden. Bei der Hyazinthe wurde Kaliumoxalat ausgeschieden. Vor allem aber kommt die Kohlensäure in Betracht, welche auch das Anätzen der Gesteine vorzugsweise übernimmt, indem sie entweder in dem Membranwasser der Wurzelhaarzellen oder im Wasser der Bodeninterstitien gelöst auftritt.

Mit diesen Wurzelausscheidungen, namentlich dem Monokaliumphosphat, und der Kohlensäure ist nun zu rechnen. Bei den Topfkulturen handelt es sich besonders um die letztere, die in großen Mengen um so mehr im Wurzelballen zurückgehalten wird, je dichter derselbe verfilzt, und je nasser derselbe gehalten wird. Die Kohlensäureproduktion wird außerdem bedeutend durch den Atmungsprozeß der Mikroorganismen im Boden vermehrt, welche zum Aufbau ihres Leibes die Kohlenhydrate und andere organische Substanzen zersetzen. Stoklasa[1]) fand z. B. im Waldboden Alkohol, Essigsäure und Ameisensäure, bis schließlich Kohlendioxyd nebst Wasserstoff gebildet wird; letzterer oxydiert wohl größtenteils zu Wasser. Das Absterben eines Teils der Wurzeln durch Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberschuß ist also ein allmählich zur Geltung kommender Prozeß bei der Kultur der Pflanzen in kleinen Töpfen, auch wenn man denselben durch Düngung überreichlich Nährstoffmaterial zuführt. Wird aber mit einer fruchtbaren Erde allein ohne nachträgliche Zufuhr von Dungstoffen gearbeitet, so kommt der Umstand hinzu, daß die an den Topfwänden sich dicht verfilzenden Wurzeln tatsächlich gar nicht mehr an den Erdballen herankommen, weil sie über ältere gelagert sind. In solchen Fällen können sie das Bodenkapital für den Haushalt der Pflanze nur insoweit nutzbar machen, als die Salze durch das Gießwasser gelöst werden.

Daß der übermäßig beschränkte Bodenraum an sich die Produktion herabdrückt, beweisen schon alte Versuche von Hellriegel[2]). Diese Versuche wurden in der Art ausgeführt, daß mannigfache, sowohl einjährige wie mehrjährige, landwirtschaftliche Kulturgewächse (Gerste, Erbsen, Buchweizen, Klee usw.) in verschieden hohe Glasgefäße in möglichst gleichmäßige Gartenerde gesät wurden und unter Beobachtung aller für die Sand- und Wasserkulturen geltenden Kautelen auf dem Vegetationswege gepflegt wurden. Um den Vorwurf auszuschließen, daß bei den erlangten Resultaten nicht das verschiedene Bodenvolumen, sondern das durch dasselbe repräsentierte gelöste verschiedene Nährstoffquantum den Ausschlag gegeben habe, wurden Parallelversuche mit reicher Düngergabe unter sonst ganz gleichen Verhältnissen angestellt. Das Ergebnis dieser Versuche war, daß sich gar kein Unterschied in der Produktion zugunsten der gedüngten Pflanzen zeigte, daß somit die nicht gedüngten alles, was sie an Nährstoffen für ihre Produktion brauchten, in der ungedüngten Gartenerde vorgefunden haben mußten. Ein indirekter Beweis lag auch noch in den Versuchsresultaten, welche die ungedüngten Pflanzen bei Vergleich miteinander lieferten.

---

[1]) Stoklasa und Ernest, Über den Ursprung, die Menge und die Bedeutung des Kohlendioxyds im Boden. Centralbl. f. Bakteriologie usw. II. Abt. Bd. XIV. 1905. S. 723.

[2]) Hellriegel, Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg, 1883. S. 184—224.

Die Ernte zeigte nämlich, daß der Klee in seinem ersten Lebensjahre ungefähr ebensoviel Trockensubstanz produziert hatte wie die übrigen Pflanzenarten. Dies hinderte aber nicht, daß derselbe im zweiten Jahre auf demselben Boden eine zweite, und zwar eine zwei- bzw. dreimal so große Ernte erzeugte und selbst in einem dritten Jahre noch so viel Pflanzensubstanz produzierte wie im ersten Jahre. Man sieht daraus, daß bei keinem der Versuchstöpfe die Nährstoffmenge eine Rolle spielen konnte, da überall Nährstoffe im Überschuß vorhanden waren.

Wenn nun dennoch die Ernte an Trockensubstanz eine mit der Gefäßgröße steigende war, so war dieses Ergebnis lediglich dem Einfluß des Bodenvolumens zuzuschreiben.

Die Versuchspflanzen standen in Glaszylindern von unten bezeichneten Dimensionen und Inhalt, erhielten stets an Wasser zwischen 30 bis 60% der wasserhaltenden Kraft des Bodens und ergaben Klee:

Höhe des Zylinders	lichten Durchmesser	Erdinhalt lufttrocken	ganz trocken	Erntetrockensubstanz in den Jahren 1872, 1873, 1874		
I. 96—99 cm	14 cm	19,500 g =	18,600 g	417,2 g	mit 6,92%	Reinasche
II. 65—67 „	14 „	13,000 g =	12,400 g	254,6 g	„ 6,97%	„
III. 34—35 „	14 „	6,500 g =	6,200 g	173,0 g	„ 8,08%	„
IV. 18,0 „	14 „	3,250 g =	3,100 g	76,8 g	„ 8,45%	„

Da bei den Gefäßen mit sehr großem Bodenvolumen durch das zu Anfang stattfindende plötzliche Zuführen der großen Wassermengen, die den Boden auf 60% seiner Wasserkapazität sättigen sollten, ein zu großes Festsetzen und daher ein etwas abnormes Verhalten einiger Pflanzen eingetreten war, so hat Hellriegel in seinen Erntetabellen besonders die Ergebnisse von Größe III und IV herangezogen. Dabei stellte sich heraus, daß bei den Erbsen eine Bodenmenge von

3100 g an Trockensubstanz 29,97 }
6200 „ „ „ 47,94 } im Durchschnitt ergab:

Erbsen, also Verhältnis des Bodens 1 : 2,
„ „ „ der Ernte 1 : 1,6
Bohnen, „ „ des Bodens 1 : 2,
„ „ „ der Ernte 1 : 1,8.

Bei Gerste aus dem Jahre 1872 fanden sich genau dieselben Verhältnisse in dem Ernteergebnisse wie bei den Bohnen. Wir unterlassen die Wiedergabe der anderen Zahlen, da die hier angeführten deutlich genug zeigen, daß, wenn bei zwei gleich weiten, aber verschieden hohen Gefäßen, die beide Nährmaterial im Überfluß hatten und stets die zusagende Menge Wasser erhielten, die Bodenmenge sich wie 1 : 2 verhielt, die Ernte sich wie 1 : 1,6 bis 1,8 herausstellte. Es ist also ein in die Augen springender Einfluß des Bodenvolumens konstatierbar, und es ist nun die Frage, wie sich dieser Einfluß erklären läßt.

Hellriegel fand, daß die Höhe des Ertrages im umgekehrten Verhältnis zu der Summe der mechanischen Widerstände, welche der Entwicklung des Wurzelnetzes der Versuchspflanzen entgegentraten, stand.

Wenn die Gärtner bei ihren Marktkulturen scheinbar das Gegenteil erzielen, nämlich trotz der kleinen Blumentöpfe sehr schnell gewachsene, hoch ausgebildete, oberirdische Achsen, so erklärt sich dies auf folgende einfache Weise. Die Gärtner geben äußerst nahrhafte Erden, so daß hoch-

konzentrierte Lösungen im Boden sich vorfinden. Die porösen Töpfe lassen reichlich Sauerstoff hindurch, so daß die äußerste, die tätige jüngste Wurzelschicht kräftig arbeiten kann; außerdem werden die Pflanzen an besonders günstigen geschützten Orten bis zum Verkauf gehalten.

Im freien Lande, also bei Forst-, Acker- und Gartenkulturen, muß der Mangel an Sauerstoff bei zu dichtem Stande im eng durchwurzelten Boden sich natürlich noch stärker bemerkbar machen, da ja eine seitliche Zufuhr von Luft ausgeschlossen ist. Je dichter der Boden ist, desto schneller werden die zahllosen Wurzeln den Sauerstoff veratmet haben, und desto langsamer wird er durch den Ausgleich aus der atmosphärischen Luft ersetzt werden.

Die Dichtsaat.

Eine Beschränkung des Bodenraumes, eine Wurzelkonkurrenz, kommt bei einer zu dichten Saat stets zustande. Der Kampf der Pflanzen miteinander um ihre Nahrung tritt naturgemäß am frühsten und schärfsten in den nährstoffarmen Böden ein. Wie schon oben bemerkt, zeigen viele Pflanzen bei zu dichter Saat eine völlige Änderung ihres Entwicklungsmodus auch auf nährstoffreichen und genügend feuchten Böden. Bei manchen Pflanzen, die auf nährstoffreichem Boden in übergroßer Zahl keimen, läßt sich beobachten, daß einige sehr bald vorwüchsig werden („Protzen“ des Forstmannes) und die große Masse der mittleren und schwächeren schneller oder langsamer erdrücken. Oft, so auf dichten Mohnfeldern, beim Hanf, bei *Typha*-Sämlingen und zahlreichen anderen zeigt sich das Bild, daß trotz der genügenden Nahrung alle Pflanzen ungefähr gleichmäßig klein bleiben; die kräftigsten ragen auch nur wenig über die Masse heraus, und der Gesamternteertrag ist äußerst gering.

Hebt man diese Pflanzen aus dem Boden aus, so sieht man, daß in wenigen Zentimetern Tiefe (natürlich nach den Arten und dem Boden verschieden) die Wurzeln so dicht verflochten sind, daß man mitunter große zusammenhängende Rasen abheben kann. Unter diese dicht verfilzte Wurzelschicht ragen nur verhältnismäßig wenige und schwächliche Wurzeln trotz der Lockerheit des Garten- oder Ackerbodens in diesen hinein. Diese auffällige Erscheinung ist nur so zu erklären, daß die zahlreichen oberflächlichen Wurzeln der jungen Pflanzen den in den Boden dringenden Sauerstoff so ausgiebig veratmen, daß die tieferliegenden Schichten nicht mehr genügend davon erhalten, um ein freudiges Wurzelwachstum zu ermöglichen. Die Gärtner suchen diese Dichtsaat durch lockeres Ausstreuen der womöglich reichlich mit Erde gemischten Samen oder durch rechtzeitiges Verziehen zu verhindern. Außer der Verzwergung der einzelnen Exemplare kommt die Schwächung des Reproduktionsaktes besonders in Betracht. Derselbe äußert sich nicht bloß in der Verminderung des Blütenansatzes, sondern auch in der Veränderung des Blütencharakters und wird für die Kultur namentlich dadurch empfindlich, daß öfter statt der weiblichen Blüten vorherrschend männliche entstehen.

Hoffmann[1]) gibt die Resultate vielfacher Anbauversuche, welche sowohl in Töpfen als auch im freien Lande behufs Feststellung des Ein-

[1]) Hoffmann, H., Über Sexualität. Bot. Zeitung XLIII (1885) Nr. 10, S. 145, 161.

flusses der Dichtsaat bei verschiedenen Pflanzen ausgeführt worden sind. Es kamen dabei auf 100 Weibchen zur Entwicklung an Männchen:

von	bei dichter Saat	bei lockerem Stande der Pflanzen
Melandryum rubrum (*Lychnis diurna*) .	233	125
,, ,, ,, ,, .	200	77
Mel. album (*Lychnis vespertina*)	150	73
Mercurialis annua	100	90
Rumex acetosella	152	81
Spinacia oleracea im Mittel von mehreren Aussaaten	283	76

Bei *Cannabis* erhielt er widersprechende Resultate. Belhomme behauptet, daß die Form der Hanfsamen schon einen Schluß auf das Geschlecht der späteren Pflanzen zulasse, indem die länglichere oder kugeligere Gestalt, wie bei den Vogeleiern, auf ein männliches oder weibliches Individuum hinweise.

Da die bei Dichtsaat sich einstellenden äußeren Erscheinungen auch auf besten Böden infolge der mangelhaften Wurzelatmung und der dadurch beschränkten Nahrungsaufnahme im wesentlichen das Bild des Nährstoffmangels ergeben, werden weitere Beispiele bei Besprechung des Nährstoff-, insbesondere Stickstoffmangels behandelt werden.

3. Zutiefpflanzen, Aufschüttung und Pflaster.

Zu tiefes Pflanzen der Bäume.

Um die Wirkungen einer unrichtigen Pflanztiefe in ihrem ganzen Verlaufe einschätzen zu können, muß man sich das Leben der Wurzeln an einem gesund gedeihenden, an seiner ursprünglichen Stelle stehenden Baume vergegenwärtigen. Zunächst dringt jede Baumart in einer bestimmten Bodenart mit ihren Wurzeln bis zu einer gewissen Tiefe, d. h. bis zur untersten Grenze, an die die für ihre Ansprüche notwendige atmosphärische Luft mit der zur Atmung genügenden Menge Sauerstoff dringt. Gehölze mit starkem Sauerstoffbedürfnis wurzeln flach (Flachwurzler), die mit geringerem tief (Tiefwurzler). In luftreichem Boden geht dieselbe Baumart oft um das Mehrfache tiefer als im luftarmen Boden. So schlagen die sogenannten Wasserwurzeln der Kiefern im märkischen Sandboden bis mehrere Meter in die Tiefe, in dem Rohhumusboden streichen die Wurzeln oft kaum einige Dezimeter tief flach unter der Oberfläche.

Jeder Teil des Wurzelkörpers eines tiefer wurzelnden Baumes muß natürlich seine Atmungsorgane, die Lentizellen oder ihre Ersatzorgane, in ihrer Größe und Ausbildung den gerade an der betreffenden Stelle herrschenden Durchlüftungsverhältnissen anpassen, d. h. in der luftreichen, womöglich regelmäßig gelockerten Oberflächenschicht werden die Atmungsorgane, auch die Interzellularen der Markstrahlen usw., entsprechend der verhältnismäßig großen Menge atmosphärischen Sauerstoffs klein sein, je weiter in der Tiefe der Ausgleich der Bodenluft und der Atmosphäre erschwert bzw. verlangsamt wird, je geringer also damit das jeweilig zur Atmung zur Verfügung stehende Quantum Sauerstoff ist, desto größer müssen die Atmungsorgane angelegt sein, um eine genügende Sauerstoffzufuhr zu gewährleisten.

Vorausgesetzt, der um ein beträchtliches Stück zu tief gesetzte Baum sei wieder in dieselbe Bodenart gebracht worden, also in einen Boden mit derselben Luftdurchlässigkeit, so werden (abgesehen von der Einschüttung des Stammes) alle Wurzelteile in Tiefen gekommen sein, in denen ihr anatomischer Aufbau einer größeren Sauerstoffmenge entspricht, als dort vorhanden ist. Es wird also an allen Stellen Sauerstoff zur kräftigen Atmung fehlen. Wenn ein Baum aus leichtem Boden, wie ihn die Baumschulen der reichlicheren Bewurzelung wegen bevorzugen, in einen schweren versetzt wird, so wird naturgemäß auch dort ein gewisser Sauerstoffmangel eintreten, wenn die Pflanzgrube nicht mit luftreichem Boden beschickt wird; und wenn dann noch ein Zutiefsetzen erfolgt, werden sich die Schädigungen des Luftmangels an den Wurzeln recht energisch fühlbar machen.

Vielfach wird, besonders bei Straßenpflanzungen in schwereren Böden, ein großer Fehler dadurch gemacht, daß in die Pflanzgruben unten ein Häufchen „guter Boden", also lockerer Kompost usw. getan wird, dann wird der Baum hineingesetzt und seine Wurzeln werden mit Kompost bedeckt. Da der letztere durch seine Anfuhr usw. aber teuer wird, auch der überschießende Lehmboden abgefahren werden muß, so wird aus Sparsamkeitsrücksichten dann die ganze Baumgrube mit dem schweren Boden der Straße zugefüllt. Jede Überlegung würde sagen, daß der Nutzen des guten luftreichen Bodens an den Wurzeln recht fraglich ist, denn nach der meist schon durch das Einschlämmen erfolgten Wiederverdichtung des ursprünglichen Bodens ist der Wurzelkörper mit dem Humusboden völlig von der Zufuhr atmosphärischer Luft abgeschlossen. Also abgesehen davon, daß eine Erneuerung des verbrauchten Sauerstoffs nur sehr schwer und langsam erfolgen kann, liegt die Gefahr nahe, daß die Humussubstanzen der Komposterde nicht verwesen können, daß also eine Säurebildung eintritt, die nun ihrerseits die Wurzeltätigkeit beeinträchtigt. Solche Bäume, selbst jugendliche, kränkeln oft jahrelang, und oft gehen zahlreiche von ihnen ganz zugrunde; ihre Nachfolger an denselben Stellen, in denselben Boden gepflanzt, trifft oft nach wenigen Wochen schon dasselbe Schicksal.

Wenn die lebendige Zelle keinen oder nur ungenügend Sauerstoff aufnehmen kann, ändert sie die Richtung ihrer bisherigen Lebensfunktionen, wie schon S. 93 erwähnt; später geht sie in einen Starrezustand über, indem die Bewegungserscheinungen des Plasmas aufhören, die Empfindlichkeit für Reize verloren geht und das Wachstum sistiert wird. Die Pflanze stirbt aber nicht gleich; sie atmet noch eine Zeit Kohlensäure weiter aus und kann selbst nach längerem Scheintode durch erneute Sauerstoffzufuhr wieder ihre gewohnten Funktionen aufnehmen. Dieses Fortleben ohne Sauerstoffzufuhr (anaërobe), wobei also der für die Lebensprozesse notwendige Sauerstoff von der Substanz der Pflanze selbst geliefert werden muß, ist als intramolekulare Atmung bezeichnet worden (vgl. unten S. 93).

Man kann mit Pfeffer[1]) die Atmung als einen sich aus zwei ineinandergreifenden Vorgängen herstellenden Prozeß auffassen. Der erste Vorgang ist die in Gärungserscheinungen sich kundgebende, intramolekulare Atmung, der zweite nur unter Sauerstoffzufuhr von außen mögliche Vorgang ist die sofortige Verbrennung der Gärungsprodukte im

[1]) Pfeffer, Über das Wesen und die Bedeutung der Atmung. Landwirtsch. Jahrb. 1878.

Augenblick ihrer Entstehung. Wenn dieser letztere, für das Zelleben unbedingt notwendige Akt unterbleibt, dann verliert nicht nur die sauerstofflose Zelle ihr Atmungsmaterial, wird also an Reservestoffen immer ärmer, sondern sie bildet nun auch diejenigen Produkte, die zur Fäulnis und zum Tode der Zelle führen. Die ungenügende Atmung ist die notwendige Vorbedingung für das Absterben, und in dem Maße, als der verschüttete Teil, sich der Bodenoberfläche nähernd, allmählich immer mehr und mehr Sauerstoff bekommt, wird auch der Gärungsprozeß sich abschwächen und in den normalen Verbrennungsprozeß übergehen, somit auch die Fäulnis allmählich ihre Grenze finden. Es handelt sich dann nur noch darum, daß der Baum die Möglichkeit hat, oberhalb dieser Grenze im Erdboden neue Wurzeln zu bilden, um den durch die Transpiration des Laubkörpers entstehenden Wasserverlust zu decken. Die kümmerliche Produktion, welche man in dem ersten Jahre häufig wahrnimmt, verschwindet, je mehr plastisches Material abwärts wandern und zu Neubildungen am Holzringe des Stammes und Wurzelkörpers verwendet werden kann. Je schneller das Wachstum, desto größer die Energie der Atmung, wie schon Saussure gezeigt, und je mehr der flach streichende, neue Wurzelkörper selbst auch vom Lichte berührt wird, desto mehr steigern sich seine Kohlehydrate und damit seine Sauerstoffabsorption und Kohlensäureabgabe[1]).

Betreffs der veränderten Stoffbildung im Pflanzenleibe ist von Lechartier und Bellamy[2]) durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen worden, daß nicht nur in unserem Kernobst und anderen Früchten, sondern auch in Blättern und Wurzeln Alkohol in der ohne Sauerstoffzufuhr vegetierenden Parenchymzelle sich bildet. Stocklasa hat in neuester Zeit auch Milchsäure nachgewiesen. Selbst bei Pilzen (*Agaricus campestris*) fand Müntz[3]) eine beträchtliche Menge von Alkohol und Wasserstoff bei längerem Aufenthalt in sauerstofffreier Luft. Das Material zu diesem Alkohol kann nur die Zuckerart, die allein hier vorhanden, nämlich der Mannit, gegeben haben, während bei anderen Pilzen, die in einer Atmosphäre von Kohlensäure nur Alkohol (ohne Wasserstoff) produzieren, die Trehalose in Gärung übergegangen sein muß. War der Aufenthalt in der sauerstofffreien Atmosphäre kein zu langdauernder, so kann der Pilz wieder seine normalen Lebensfunktionen ausüben, was Krasnosselsky[4]) für *Mucor spinosus* und *Aspergillus niger* nachgewiesen hat. Schon früher hatte Adolf Mayer[5]) für die durch Hefe erzeugte Gärung die Ansicht ausgesprochen, daß dieser Vorgang eine Atmung bei Sauerstoffabschluß sei. Pasteur[6]) und Böhm[7]) hatten eigentlich schon nachgewiesen, daß sich in ganz gleicher Weise auch alle höher organisierten

[1]) Borodin, Mémoires de l'Acad. impériale des sciences de St. Petersbourg VII série. 1881.

[2]) De la fermentation des pommes et des poires. Compt. rend. LXXIX, S. 949. — De la fermentation des fruits; ebenda S. 1006.

[3]) Comptes rend. LXXXI, S. 178.

[4]) Krasnosselsky, Atmung und Gärung der Schimmelpilze usw. Centralbl. f. Bakteriologie, XIII, Nr. 22/23. (1904).

[5]) Mayer, A., Untersuchungen über die alkoholische Gärung. Landwirtsch. Versuchsstationen, 1871.

[6]) Faits nouveaux pour servir à la conaissance de la théorie des fermentations proprement dites. Compt. rend. 1872, S. 784.

[7]) Böhm, J., Über die Respiration von Landpflanzen. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien LXVII, I. Abt. (1873). 33 S.

Land- und Wasserpflanzen verhalten, indem sie in sauerstofffreien Medien einen Teil ihrer Substanz durch eine Gärung zu Kohlensäure und Alkohol, wie die Hefe bei der Selbstgärung, zersetzen. Grüne Pflanzenteile allerdings können sich bei hinreichend intensiver Beleuchtung durch Zerlegung der unmittelbar vorher abgespaltenen Kohlensäure wieder eine für die normale Atmung geeignete Atmosphäre herstellen. Aërobe und anaërobe Atmung hängen zusammen; und der anaërobe Stoffwechsel vermag, wenn er auch das Gedeihen nicht ermöglicht, doch einige Zeit hindurch das Zugrundegehen aufzuhalten, und diese Verzögerung wird um so größer sein, je niedriger die Temperatur ist. So zitiert beispielsweise Pfeffer[1]) die Beobachtungen von Chudiakow, daß das Erlöschen der Kohlensäureproduktion, also der Lebensfähigkeit, bei Keimlingen von Mais bei 40° C nach 12 Stunden, bei 18° C nach 24 Stunden und bei tiefer Temperatur erst nach einigen Tagen sich einstellte. Wenn ein Organismus oder ein Glied sich überhaupt in geringer Lebenstätigkeit befindet, wird es auch eine längere Lebensdauer im sauerstofffreien Raume bewahren. So haben sich in solchem Äpfel und Birnen bei mäßiger Temperatur monatelang erhalten lassen, während schnellebige Schimmelpilze und aërobe Bakterien bald zugrunde gingen. Bei Keimlingen phanerogamer Pflanzen (*Vicia faba*, *Ricinus* usw.) zeigt sich eine Steigerung des intramolekularen Stoffumsatzes.

Nach Stichs Untersuchungen[2]) lassen bisweilen einzelne Pflanzen oder Pflanzenteile zunächst gar keinen Einfluß des Sauerstoffgehaltes der Luft auf die Atmung erkennen, da sie in einer Wasserstoffatmosphäre gerade soviel Kohlensäure bilden wie in atmosphärischer Luft. Bei 8% Sauerstoff in der Luft war der Atmungsquotient noch normal; bei geringerem Gehalt (2—4%) wurde er zugunsten der Kohlensäure geändert, indem intramolekulare Atmung eintrat. Bei längerem Aufenthalt der Pflanzen in sauerstoffarmer Atmosphäre stellt sich allmählich der normale Atmungsquotient wieder her unter Verminderung der absoluten O- und CO^2-Mengen. Bei allmählicher Entziehung des Sauerstoffs wird die intramolekulare Atmung erst bei beträchtlich niedrigerem Sauerstoffprozentsatz angeregt als bei plötzlicher Verkleinerung desselben.

Brefelds[3]) Experimente führen zu dem Schlusse, daß die Alkoholgärung bei allen Pflanzen, von den niedrigsten bis zu den höchsten, stattfinden kann, sobald Sauerstoffabschluß eintritt. Es zeigt sich aber eine sehr wesentliche Differenz bei den einzelnen Alkohol produzierenden Organismen. Während bei der Hefe (*Saccharomyces*) die Gärungserscheinung als Höhepunkt der normalen Leistung des Organismus (der bei dem Vorgange der Zuckerzersetzung wirklich wächst) anzusehen ist, erscheint er bei den Zellen phanerogamer Pflanzen als abnormer, frühzeitig mit dem Tode der Zelle endigender Prozeß. Derselbe unterscheidet sich von der reinen, nur Alkohol und Kohlensäure produzierenden Gärung der Hefe wesentlich durch Auftreten weiterer Zersetzungsprodukte, unter denen Fuselöle und Säuren besonders auffällig sind. Unter den eine wirkliche Alkoholgärung noch einleitenden Pilzen ist aber auch schon ein großer

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 1897, I, S. 544.

[2]) Stich, C., Die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora 1891, S. 1.

[3]) Brefeld, O., Über Gärung III, Vorkommen und Verbreitung der Alkoholgärung im Pflanzenreiche. Bot. Zeit. 1876, S. 381.

Unterschied betreffs ihrer Fähigkeit, Alkohol zu vertragen. Für *Saccharomyces* ist erst bei 12 Gewichtsprozenten die Wachstums-, bei 14 die Gärungsgrenze. Bei *Mucor racemosus,* der auch ohne freien Sauerstoff vom Zucker lebt, findet sich schon bei $4^1/_2$ und $5^1/_2$ % Alkohol Wachstums- und Gärungsgrenze; *Mucor stolonifer* dagegen wächst gar nicht mehr und wirkt schon bei 1,5 % Alkohol nicht mehr gärungserregend. Es ist aus diesen Resultaten zu schließen, daß auch die phanerogamen Gewächse in sehr verschiedenem Grade unter denselben äußeren Verhältnissen zur Alkoholbildung gelangen und dieselbe in verschiedenem Maße ertragen.

Später spricht Müntz[1]) ganz allgemein den Alkohol als eines der Zersetzungsprodukte der organischen Substanzen an, der sich sowohl auf der Oberfläche der Erde als im Boden wie in der Meerestiefe bildet und sich nach den Gesetzen der Dampfspannung in der Atmosphäre verbreitet.

Daß bei Alkoholgärung auch organische Säuren und darunter Essigsäure auftreten, kann nicht auffallend erscheinen. Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß neben dem Alkohol eine Anhäufung derartiger Säuren endlich als Gift auf den Organismus wirken muß, und daß bei Wurzeln, welche vom atmosphärischen Sauerstoff ganz oder nahezu gänzlich abgeschlossen sind, ein allmähliches Absterben sich einstellen wird.

Bei den zu tief gepflanzten Bäumen wird der Sauerstoffmangel für die Wurzeln, bei denen ein sehr starkes, vielleicht das der oberirdischen Pflanzenteile noch übersteigendes Atmungsbedürfnis nachgewiesen werden konnte[2]), um so eher sich geltend machen, je größer die wasserhaltende Kraft des Bodens ist, und je mehr die Bodenräume durch Wasser, Verdichtung oder Auflagerung abgeschlossen sind. Wasser in der Umgebung der lebenden Wurzeln wird nun selbst immer gefährlicher für die stärkeren noch gesunden Wurzeln und für die eingesenkte Stammbasis, indem es sich immer mehr mit Kohlensäure belädt. Wenn man gesunde Pflanzen in kohlensäurereiches Wasser setzt, fangen sie an zu welken und ein Absterben der Blätter zu zeigen[3]). Von besonderem Interesse sind die Studien von Kosaroff[4]) über die Wasseraufnahme in nicht genügend durchlüfteten, also sauerstoffarmen und kohlensäurereichen Böden. Durch die Kohlensäure erwiesen sich die Wasseraufnahme und die Transpiration herabgedrückt. Pflanzen, deren Wurzeln in einer kohlensäurereichen Atmosphäre verweilten, verloren alsbald ihren Turgor und wurden schlaff; bei längerem Aufenthalt gingen sie zugrunde. Bei Versuchen in einer Wasserstoffatmosphäre, wo also nur der Sauerstoffmangel deprimierend wirkt, zeigte sich, daß dieser Umstand bei weitem nicht so schädigend ist wie der Kohlensäureüberschuß.

Es wird also bei den zu tief liegenden Baumwurzeln ein Vergiftungstod sich einstellen, der erst die zarten Organe, später die älteren Wurzelverzweigungen erfaßt, und gleichzeitig werden die jauchigen Zersetzungsprodukte auch den ganzen Erdboden zum Pflanzenwachstum untauglich machen. Böhm[5]) führt ein Beispiel in den absterbenden, zu tief gepflanzten

---

[1]) Aus Compt. rend. LXXXXII, S. 499, vgl. Biedermanns Centralbl. 1881, S. 709.

[2]) Mayer, Agrikulturchemie, 5. Aufl., 1901, I. S. 116.

[3]) Wolf, W., Tageblatt der Naturforscher-Versammlung zu Leipzig, 1872, S. 209.

[4]) Kosaroff, Einfluß verschiedener äußerer Faktoren auf die Wasseraufnahme der Pflanzen. Dissert. Leipzig 1898, vgl. Naturw. Rundschau, 1897, Nr. 47.

[5]) Böhm, J., Über die Ursache des Absterbens der Götterbäume und über die Methode der Neubepflanzung der Ringstraße in Wien. Faesy & Frick.

Ailantus der Ringstraße in Wien an. Diese Bäume hatten schon seit Jahren im Wachstum nachgelassen; denn die Jahresringe, welche in den ersten Jahren nach der Pflanzung noch oft mehr als 3 cm Breite aufwiesen, waren in den letzten Jahren vor dem Tode auf 0,5 cm zurückgegangen. Zur Zeit des Absterbens erwies sich die Erde der Wurzelballen so schädlich, daß Samen verschiedener Pflanzen, welche teils offen, teils unter Glasglocken in solche verseuchte Erde eingelegt wurden, alsbald in Fäulnis übergingen. Die Samen entwickelten sich aber üppig, nachdem diese Erde, wiederholt mit Wasser befeuchtet, in dünnen Schichten während acht warmer Julitage dem Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt worden war. Ähnliche Versuche unternahm Mangin[1]), der schon früher das kränkliche Aussehen der Alleebäume in Paris der schlechten Beschaffenheit des Bodens zugeschrieben hatte. In solchem aus der Umgebung der kranken Wurzeln entnommenen Boden ausgesäte Samen und Knollen zeigten eine gestörte Entwicklung. Die gleichen Beobachtungen wurden bei der Neuanlage des Botanischen Gartens in Dahlem gemacht, der im wesentlichen aus schwerem Lehmboden gebildet ist, während der alte Garten in Berlin aus Talsand bestand. Eine ganze Anzahl älterer Bäume, so Buchen, Eichen usw., gingen wohl zum Teil auch infolge überreicher Bewässerung unter den Erscheinungen der Wurzelverjauchung zugrunde. Der Holzkörper der Wurzeln unter der abgestorbenen Rinde zeigte eine charakteristische stahlblaue bis schwärzliche Farbe, die sich auch dem umgebenden Boden mitteilte. Im letzteren keimten in Schalen anfangs auch keine hineingesäten Samen. Die schwärzlich stahlblaue Färbung des Holzkörpers scheint nach unseren Beobachtungen ein Merkmal an Erstickung verjauchter Wurzeln.

Die Luftproben aus der Nähe der kränkelnden Wurzeln (*Ailantus*) ergaben Sauerstoffmangel und Überwiegen der Kohlensäure, und Mangin[2]) vermutet, daß der Sauerstoffmangel auf Reduktion zurückzuführen sei. Sicherlich werden bei dem Verjauchungsvorgang der Wurzeln zahlreiche Mikroorganismen mitwirken. Indes würde ein solches Eingreifen der entsprechenden Bakterien eben nicht stattfinden, wenn nicht Sauerstoffmangel im Boden sich eingestellt hätte.

Über die bei einem Tieferpflanzen der Bäume sich einstellenden anatomischen Veränderungen, die sich im Stamm vorfinden, wissen wir wenig Postives; mindestens nichts Allgemeingültiges. In einigen Fällen ist Ausfüllung der Gefäße durch braune, gummiartig erstarrte Massen, in anderen durch Thyllenbildung unter Braunfärbung der Wandungen beobachtet worden; auch gummose Quellungen der Membranen sind nicht selten. Aber es sind dies sämtlich nur gelegentliche Beobachtungen, und ein experimentelles Studium der Frage fehlt noch.

An der innerhalb des Erdbodens befindlichen Stammbasis vermorscht bei zu tief gepflanzten Bäumen, wie bei dem obenerwähnten *Ailantus* in Wien, die Rinde oft gänzlich. Je nach dem Alter und dem Rindenbau des Baumes sowie nach der physikalischen Bodenbeschaffenheit wird früher oder später in dem verschütteten Stammstück eine Störung der absolut nötigen Luftzirkulation eintreten. Diese Störung wird sich auch

[1]) Mangin, L., Sur la végétation dans une atmosphère viciée par la respiration. C. rend. CXXII. 1896, S. 747.

[2]) Mangin, L., Sur l'aëration du sol dans les promenades et plantations de Paris. C. rend. 1895, II, S. 1065.

in den beiden Durchlüftungssystemen des Stammes, nämlich in dem Gefäßsystem des Holzkörpers und dem durch keine größeren Hohlräume mit demselben kommunizierenden Rindensystem, geltend machen. Das von mehr oder weniger stark entwickeltem Korkkörper geschützte grüne Rindenparenchym wird von der atmosphärischen Luft umspült; diese dringt durch die Lentizellen in die Interzellularräume und zirkuliert in denselben. Die Luft in den Gefäßen des Holzkörpers, die wohl zum Teil durch das Wasser aus den Wurzeln, zum großen Teil durch Diffusion von den Seiten her in die Gefäße gelangt, zirkuliert auch, wie früher bereits erwähnt, ja, es findet wahrscheinlich, wie aus den Untersuchungen von O. Höhnel[1]) hervorgeht, eine tägliche Periodizität bei dieser Durchlüftung statt. Die ursprünglich wassererfüllten Gefäße leeren sich im Laufe des Tages teilweise oder gänzlich, da die drüberstehenden und umgebenden Gewebe das Wasser entziehen. Der verdunstende Blattkörper des Baumes bedarf sehr großer Wassermengen und saugt dieselben aus dem Holzkörper der Äste, die ihren Verlust aus dem Stamme decken, in welchem also eine Saugwelle bis nach der Basis hin und von da bis in die Wurzeln fortschreitet. Da mehr Wasser den Gefäßen entzogen wird, als augenblicklich nachfließen kann, so entsteht ein luftverdünnter Raum in denselben, der einen um so größeren negativen Druck (Saugkraft) besitzt, je weniger Luft anfangs vorhanden oder langsam durch die Membranen diffundiert; denn um so mehr muß sich das ursprünglich kleine Luftvolumen zur Ausfüllung des immer größer werdenden Hohlraumes ausdehnen. In der Nacht, in welcher die Verdunstung gehemmt oder doch sehr herabgedrückt ist, saugen die Gefäße des Stammes wieder große Wassermengen auf, ja, es wird häufig dieses Saugbestreben noch durch einen von dem Wurzelkörper ausgehenden Druck verstärkt, der so viel Wasser in die Gefäße pressen kann, daß ein Teil durch die Wandungen in die umgebenden Zellen und Zwischenzellräume gelangen könnte. Ist die aus dem Wurzelkörper heraufgesogene und gepreßte Flüssigkeit gesund, dann wird selbst eine größere Infiltration der Interzellularräume ohne Nachteil für den Pflanzenkörper vorübergehen, wie Moll[2]) gezeigt hat. Wenn aber die Wassermasse bereits mit Gärungsprodukten aus den verjauchenden Wurzelspitzen beladen ist, dann sehen wir durch diesen Vorgang Giftstoffe in den besonders empfindlichen Splint und Rindenkörper getrieben, und nun breitet sich auch hier leicht das Absterben aus. So wird, genau wie bei abgeschnittenen Blumen, die zur Verfügung stehende Flüssigkeit heraufgesogen; aus den abgestorbenen verjauchten dünnen Wurzeln wird die Jauche in die dickeren hineingezogen, die dadurch absterben, gleichfalls verjauchen und die Masse der gärenden Flüssigkeit vermehren. Haben inzwischen flachstreichende Wurzeln die Tätigkeit mit gesunder Atmung aufgenommen, so gesundet der Baum oft nach längerem oder kürzerem Siechtum ganz. Wird aber die Jauche allmählich bis an die Grenze von Wurzel und Stamm, bis an den Wurzelhals hinaufgesogen, so daß der Grund der starken Wurzeln abstirbt, dann tritt der kritische Punkt für den Baum ein; sobald die Krankheit hier nicht halt-

[1]) v. Höhnel, Beiträge zur Luft- und Saftbewegung in der Pflanze. Pringsh. Jahrb. f. wissensch. Bot. XII, S. 120.

[2]) Untersuchungen über Tropfenausscheidung und Infektion, 1880, S. 78. Verslag en Mededeeling d. Koninkligke Akad. Amsterdam, vgl. bei Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 1881, I, S. 159.

macht, sondern in der geschilderten Weise sich in die Stammbasis fortsetzt, ist meist das Todesurteil des Baumes gesprochen. Oft geht sein Absterben dann so plötzlich, daß er scheinbar voller Kraft und Gesundheit, mit Blüten oder Früchten behangen, welkt und trotz allen Wässerns eintrocknet. Die Untersuchung zeigt die Verjauchung der unteren Wurzeln und des Stammgrundes, die oberen Wurzeln können dabei oft völlig frisch sein mit weißen wachsenden Spitzen.

Die zu tief gepflanzten Bäume sterben aber bei geringerer Tieflage meist nur in schwerem, mit Wasser dauernd überladenem Boden schnell ab; in leichten Bodenarten kümmern sie wohl, bleiben aber wenigstens längere Jahre am Leben. Wenn der schwere Boden mit seiner Wasserfüllung die Stammbasis umgibt und die durch die Lentizellen stattfindende Interzellulardurchlüftung verhindert, müssen aber auch selbständig Alkoholgärung und Essigsäurebildung in den Rindenzellen auftreten und zu einem Absterben führen, das sich radial auf die Kambiumzone und den jungen, bei der Wasserleitung besonders tätigen Splintkörper fortsetzt. Der im unteren Teile dadurch rindenlose Baum befindet sich in gleicher Lage wie der durch Schälwunde (vgl. unten Kapitel Wunden) entrindete.

Es bleibt dann von Jahr zu Jahr ein immer kleiner werdender Zylinder aus Kernholz in der Mitte des Stammes übrig, der das Wasserbedürfnis des oberirdischen Teiles decken soll. Das wasserärmere Kernholz aber wird auch weniger zur Wasserleitung tauglich sein, und die toten Gewebe des Holzkörpers, die allerdings auch noch Wasser mechanisch leiten, werden durch ihre Hilfe nicht hinreichen, das Wasserbedürfnis der Krone zu decken. Infolgedessen welkt endlich der Baum oder treibt im Frühjahr seine Knospen nicht mehr aus.

Der Umstand, daß die nichtparasitären Fäulnisprozesse im verschütteten Stammende öfter in der Nähe der Bodenoberfläche aufhören, führt zu der Vermutung, daß die Zersetzungsprodukte weniger die gesunde Pflanzenzelle als eine abnorm funktionierende, geschwächte anzugreifen vermögen. Eine solche Schwächung ist auch tatsächlich da. Es ist anfangs erwähnt worden, daß die vom Sauerstoff der Luft abgeschlossene, lebenskräftige, stoffreiche Zelle alsbald anfängt, durch die Wirksamkeit von Fermenten (Alkoholase) Alkohol zu entwickeln, der vorher nicht da war und auch wieder verschwindet, wenn man der Pflanze atmosphärische Luft neu zuführt. Es ist ferner nachgewiesen worden, daß die Pflanze bei Sauerstoffabschluß lange Zeit weiter Kohlensäure in beträchtlichen Mengen ausscheidet (intramolekular atmet), aber daß diese Kohlensäuremengen bei längerer Versuchsdauer sich doch als kleiner herausstellen als diejenigen der in sauerstoffhaltiger Luft atmenden Pflanzen[1]). Da die Kohlehydrate (Stärke, Zucker) das Material zur Atmung abgeben, so ist aus den obigen Tatsachen zu entnehmen, daß diese Inhaltsstoffe der Zellen in abnormer Weise bei Sauerstoffabschluß verabreicht werden.

[1]) Wortmann (Über die Beziehungen der intramolekularen zur normalen Atmung der Pflanzen. Inauguraldissertation. Würzburg 1879) gibt zwar an, daß die Kohlensäuremengen bei der intramolekularen und normalen Atmung gleich groß sind; Sorauer meint indessen, daß die kurze Dauer seiner Versuche ihn noch hat Nachwirkungen der bisherigen normalen Funktionen mit beobachten lassen. Er gibt auch selbst zu (S. 31), daß bei langer Zeitdauer von den angewandten Versuchsobjekten ohne Zutritt von Sauerstoff eine geringere Quantität an Kohlensäure produziert worden ist, als dieses bei fortdauernder Gegenwart von Sauerstoff der Fall gewesen wäre.

Das Verhalten der Bäume, die zu tief gepflanzt oder gar teilweise verschüttet worden sind, hängt selbstverständlich von ihrem spezifischen Charakter ab. Bei Weiden und Pappeln z. B. findet man zwar den in der Erde eingesenkten Teil abgestorben, aber in der Nähe der Bodenoberfläche erscheint die Fäulnis sistiert. Aus dem Stamme haben sich zahlreiche Adventivwurzeln gebildet, und diese rufen einige Zeit nach der Verschüttung wieder eine gesunde Entfaltung der Baumkrone hervor. Der Baum wird also gerettet, wenn er imstande ist, schnell neue Wurzeln in der Nähe der Erdoberfläche zu erzeugen. Auch Platanen (*Platanus acerifolia*) vertragen oft dauernd ein Zutiefpflanzen und Einschütten selbst in höherem Alter ohne jeden Schaden, so wurde vor vielen Jahren die mächtige, jedem Besucher des Bades Kösen in Thüringen wohlbekannte Platane (vgl. dieselbe auch unten bei Einschnürung der Achse) im Garten von Apels Hotel über einen Meter eingeschüttet, sie wächst noch jetzt ohne Störung.

Bekannt als ganz besonders empfindlich gegen das zu tiefe Pflanzen sind manche Ericaceen und die Epacridaceen, bei denen es vorkommt, daß die Stammbasis abstirbt, ohne daß der Wurzelkörper sehr gelitten hat. Wenn die Stämmchen Moos und Flechtenvegetation an der Basis zeigen, so hat man bereits allen Grund, vorsichtig zu sein.

Graebner berichtet[1]) über zu tief gepflanzte abgestorbene *Rhododendron Ponticum*-Formen. Schon mit bloßem Auge bemerkte man am eingedeckten Teile der Stämme knotige, bis etwa 15 mm dicke Auftreibungen, die namentlich am Wurzelhalse oft in größerer Zahl auftraten. Auf dem anatomischen Bilde erwiesen sich diese Gebilde als krankhaft vergrößerte Ersatzlentizellen, deren Mitte aus stark radial gestreckten, an den Enden abgerundeten, an einem Ende oft fast sackförmig ausgeweiteten, parenchymatischen Zellen bestand, die weite Lufträume zwischen sich ließen. An schon abgestorbenen größeren Lentizellen war die ganze Mitte durch Zusammenfallen des Gewebes bis tief in die lebende Rinde hinein röhrenförmig hohl. Die ganze innere Umgebung der Ersatzlentizellen war später stark gebräunt.

Die Stammfäule der Melonenpflanzen soll nach einer Mitteilung in der Deutschen Gartenbau-Zeitung[2]) nicht nur durch unvorsichtiges Gießen (vgl. unten), sondern auch dadurch entstehen, daß die Keimpflanzen bis zu den Keimblättern in den Boden gepflanzt werden. Pilze und Bakterien sollen dadurch in den in der Erde steckenden Teil des hypokotylen Gliedes einzudringen vermögen.

Bei der Baumzucht läßt sich nicht eine allgemein gültige Regel betreffs der Pflanzhöhe geben. Abgesehen von der Bodenart, deren physikalische Beschaffenheit hier ausschlaggebend ist, kommt es bei veredelten Bäumen auf die Unterlage an. Die auf Wildling veredelten Obstsorten pflanze man derart, daß ihr Wurzelhals in der Ebene der Bodenoberfläche bleibt oder selbst etwas darüber hinausragt (bei Moorboden mit großer Nässe verwendet man sogar Hügelpflanzung). Die auf Zwergunterlage veredelten Birnen (auf Quitte) und Äpfel (auf Doucin und Paradiesapfel) dagegen müssen mindestens so tief in den Boden, daß die Veredlungsstelle im gleichen

[1]) Graebner, P., Über einige nichtparasitäre Pflanzenkrankheiten des Sommers 1907. Jahresbericht Kgl. Gärtnerlehranstalt Dahlem.

[2]) L. M. Deutsche Gartenbau-Zeitung XXIII. S. 14 (1921) vgl. Laubert, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII. S. 30 (1922).

Niveau mit der Bodenoberfläche sich befindet, also die ganze Unterlage im Boden verbleibt. Es entwickeln sich aus dieser eine größere Menge Adventivwurzeln, die der Ernährung sehr förderlich sind.

Eine schöne Zusammenstellung praktischer Erfahrungen hat Bouché[1]) gegeben. Er weist zunächst darauf hin, daß man an alten, gesunden Bäumen die starken Wurzeln über den Boden hervortreten sehe; dieses Heraustreten des Wurzelhalses sei der normale Fall. Manche Bäume vertragen in der Jugend ein tiefes Pflanzen, da sie aus der Stammbasis dicht unter der Oberfläche neue Wurzeln treiben (Rüstern, Linden, Fichten[2]) usw.); andere dagegen sind sehr empfindlich, wie z. B. Birken, viele Ahorne, Eichen, die meisten Rosaceen, Walnüsse, Rot- und Weißbuchen. Auch die meisten Nadelhölzer erfordern Aufmerksamkeit bei der Pflanzung, wie z. B. die Gattungen *Pinus*, ältere *Picea* und *Abies* und teilweise auch *Thuja*, nämlich *Thuja* (*Biota*) *orientalis* und ihre Formen, während ein tiefes Pflanzen der *Thuja occidentalis* sich zuträglich erweist. Selbst 5—8 cm starke Stämme sah Bouché eine Menge neuer Wurzeln aus der verschütteten Stammbasis treiben und sich dadurch sehr kräftigen. *Juniperus communis* will flach stehen; dagegen vertragen *J. Sabina* und Verwandte eine tiefe Pflanzung mit Vorteil. Bei schwachen Stämmen von Pappeln, Weiden, Fichten usw. findet man oft, daß die dicht unter der Oberfläche gebildeten Wurzeln die Oberhand über die älteren, tieferen gewinnen[3]). Für viele Sträucher ist es tatsächlich oft vorteilhafter, sie tiefer zu pflanzen, als sie früher standen, weil sie durch zahlreiche neue Wurzeln aus den verschütteten Stengelbasen sich um so mehr kräftigen. Dies bemerkt man beispielsweise bei *Calycanthus*, *Cornus alba* und *C. Sibirica*, *Ribes*, den meisten Arten von *Spiraea*, *Viburnum opulus*, *Aesculus macrostachya*, *Symphoricarpus*, *Ligustrum*, *Rosa Gallica* u. a. Flach dagegen sind zu pflanzen *Caragana*, *Berberis*, *Colutea*, *Cornus mas* und *sanguinea* (?), *Corylus*, *Cytisus*, *Rhamnus*, *Sambucus*.

Die Straßenpflanzungen[4]).

Für die Hygiene der Städte ist die Erhaltung des Baumbestandes an Straßen und Plätzen von höchster Bedeutung. Die größte Schwierigkeit bietet neben der Regulierung alter Straßen, die oft Abtrag oder Aufschüttung bringt, die immer sorgfältiger werdende Pflasterung der Straßen, bei denen die Zwischenräume zwischen den Steinen mit bindendem Material ausgegossen werden, falls nicht gar eine zusammenhängende Asphaltdecke den Boden abschließt. Der Schaden für die Bäume liegt einerseits im Luftabschluß, anderseits in der nicht hinreichenden Bewässerung, sobald es sich um ältere Bäume handelt. Für junge Pflanzungen ist die Baumscheibe, namentlich wenn sie durch übergelegte Eisengitter vor dem Festtreten geschützt ist, ausreichend. Alte Bäume sehen wir um so schneller absterben, je mehr sich zur Vervollkommnung des Straßenpflasters eine

---

[1]) Bouché, C., Über das Tiefpflanzen von Bäumen usw. Monatsschr. d. Ver. z. Förd. d. Gartenb., 1880, S. 212, und Wredow a. a. O., S. 75.

[2]) Das Verhalten der Fichten ist in reinen Beständen besonders interessant. Der junge Nachwuchs wird von den alten Bäumen immer weiter durch Nadeln eingeschüttet und treibt aus dem Stamm stets neue Wurzeln in den ausgeschütteten Humus. Vgl. Abb. 38.

[3]) Vgl. Graebner, P., Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen XXXVIII (1906).

[4]) Mangin, L., Vegetation und Durchlüftung des Bodens. Annal. scienc. agronom. 2. sér., 1896. — Graebner, Pflanzenwelt Deutschlands, S. 121ff.

Regulierung der Fußgängerbahnen gesellt. Dazu kommt in den großen Städten die Durchwühlung des Bodens für die Gas- und elektrischen Leitungen sowie für die Kanalisationsröhren. Bei allen diesen Arbeiten ist ein Abhacken stärkerer Wurzeläste unvermeidlich. Es wird also nicht nur durch die mannigfachen Röhrenleitungen der Raum für die Wurzelausbreitung beschränkt, der Boden noch mehr ausgetrocknet und durch Leuchtgas usw. vergiftet, sondern auch der Aufnahmeapparat der Bäume für Wasser verringert; kurz, der Baum in bebauten Straßen ist von tausend Fährlichkeiten bedroht, und die Leiden eines solchen Straßenbaumes müssen in allen Kapiteln der Pflanzenkrankheiten gesucht werden; die nichtparasitären werden besonders durch Luftabschluß, Wassermangel, Bodenvergiftung und Wunden verursacht. Da die mangelhafte Bodendurchlüftung sicher eine der Hauptursachen der Krankheitserscheinungen darstellt, wird es gerechtfertigt erscheinen, das Gesamtbild hier kurz zu besprechen.

Die einzelnen Baumarten leiden nun in verschiedenem Maße, und gerade der beliebteste, am meisten angepflanzte Baum, die Linde, gehört in manchen Formen zu den empfindlichsten Bäumen. Bei ihr äußert sich der Einfluß der schlechten Durchlüftung und der Trockenheit des Bodens, zu der sich noch die Lufttrockenheit gesellt, in vorzeitiger Entlaubung. Die großblättrige Linde leidet noch schneller als die holländische und die kleinblättrige Linde, und es ist eine ganz bekannte Erscheinung, daß in den Sommermonaten, wo der Bewohner der Stadt am meisten den Schatten sucht, Linden und Kastanien oft eine Zeitlang nur die äußersten Zweigspitzen noch beblättert haben; die älteren Blätter sind, von der sogenannten roten Spinne (der Spinnmilbe, *Tetranychus telarius*) übersponnen, vertrocknet und abgefallen. Die Stadtverwaltungen suchen durch reichliche Bewässerungen der Baumscheiben dem Übelstande abzuhelfen und begünstigen damit den bei vorzeitiger Entlaubung vom Baum auch ohne künstliche Bewässerung eingeleiteten Prozeß der Neubelaubung im Spätsommer. Dabei werden durch das sauerstoffreiche Wasser Knospen zur Entfaltung gebracht, die eigentlich erst im nächsten Jahre sich entwickeln sollten, und es kommt unter solchen Umständen manchmal (*Aesculus*, *Robinia*) eine zweite Blütezeit zustande.

Viele der durch die Bewässerung hervorgerufenen Triebe reifen ihren Holzkörper nicht genügend aus und werden durch einen stärkeren Frost beschädigt. Daher finden wir in einzelnen Jahrgängen mitten im günstigen Frühsommer manchmal ein Zweigsterben unter Beteiligung von Pilzen. Der Winter nämlich hat solche wenig ausgereiften Zweige nicht getötet, wohl aber für die Pilzeinwanderung vorbereitet und die erste Veranlsssung zu einem späteren Absterben gegeben.

Derartigen Übelständen bei der Straßenbepflanzung versucht man durch die Wahl weniger empfindlicher Baumarten vorzubeugen. In erster Linie sind als solche die Ulmen zu empfehlen, die auch den Vorteil haben, gegen die sauren Rauchgase sehr widerstandsfähig zu sein. Je nach der Bodenart sieht man auch Eichen und Platanen mit Vorteil verwendet. In breiten und luftigen Straßen zeigt auch *Acer platanoides* ein gutes Gedeihen, leidet aber wie Linden, Eichen usw. auch öfter an Honigtau (s. unten). Die Robinie, namentlich die Form der sogenannten Kugelakazie, bleibt bei großer Trockenheit noch gut belaubt, bietet aber wenig Schatten, belaubt sich spät und entlaubt sich meist schnell im Herbst. Alsdann

ist eine Durchlüftung durch Erweiterung der Bewässerungsvorrichtungen ins Auge zu fassen, indem man in derjenigen Entfernung von den Stämmen, in welcher die jüngeren Wurzeln zu finden sind, Dränröhren etwa $^1/_2$ m unter dem Pflaster hinzieht und bei Bedürfnis aus Hydranten speist. Dabei ist jedoch aufmerksam zu machen, daß die Bewässerung durch Dränstränge nur in den heißen Sommermonaten zur Anwendung gelangen darf, weil sonst Wasserüberfluß im Boden sich einstellen dürfte, dessen Folgen bei dem mangelhaften Luftaustausch unter dem Pflaster viel verhängnisvoller als die des Wassermangels werden. Als Beispiel sei an dieser Stelle das Ergebnis der Studien von Mangin (s. oben) angeführt, der sich speziell mit dem mangelhaften Gedeihen der Bäume in den städtischen Anlagen beschäftigt hat. Er sah bei solchen verschlämmten Böden den Kohlensäuregehalt der Bodenluft von 1% bis auf 5 und 8, ja sogar bis 24% gesteigert und den Sauerstoffgehalt auf 15, 10, 6 und selbst auf 0% zurückgehen. Daß unter solchen Umständen alle Bäume absterben, ist selbstverständlich.

Der Blattfall.

Der Blattfall, diese normale Folge des Alters[1]), erlangt nur dadurch pathologische Bedeutung, daß er unter Umständen vorzeitig in die Erscheinung treten kann.

Die Ursachen, welche solch vorzeitigen Abwurf der Organe herbeiführen können, sind verschiedenartig, und die entgegengesetzten Witterungsextreme können eine Veranlassung bilden. Demgemäß könnten die Erscheinungen auch in anderen Abschnitten des Buches behandelt werden. Da indessen, wie schon bemerkt, wohl nirgends der vorzeitige Blattfall häufiger und regelmäßiger eintritt als bei den Straßenbäumen[2]) und unter ähnlichen ungünstigen Verhältnissen lebenden Gehölzen, ziehen wir vor, der Ablösungsvorgänge in ihrer Gesamtheit hier zu gedenken, weil sie mit Gewebeveränderungen verbunden sind, bei denen Turgeszenzsteigerungen ausschlaggebend eintreten, nachdem die Organe aus irgendeiner Ursache funktionsschwach geworden sind. Betreffs der Ablösung der Blätter z. B. unterscheidet Wiesner[3]) einen Sommerlaubfall, Treiblaubfall, Hitzelaubfall und Frostlaubfall. Einen Einblick in die Verschiedenartigkeit der Ursachen gewährt uns Pfeffer[4]): „Eine solche Beschleunigung des Blattfalls wird z. B. durch unzureichende Beleuchtung, aber auch durch ungenügende Wasserversorgung und durch zu hohe Temperatur herbeigeführt. Nicht selten wird aber besonders durch den plötzlichen Wechsel der Außenbedingungen ein frühzeitiges Abwerfen der Blätter hervorgerufen, das aus naheliegenden Gründen zuerst die älteren Blätter trifft.“ Als Beispiele für den schädlichen Einfluß eines plötzlichen Wechsels in der Transpirationsgröße führt Pfeffer den plötzlichen Blattverlust einer Anzahl von Pflanzen an, sobald dieselben aus der feuchten Treibhausluft in ein trockenes Zimmer kommen; in gleicher Weise können schroffe Übergänge der Temperatur, der Beleuchtung usw.

[1]) Dingler, H., Versuche und Gedanken zum herbstlichen Laubfall. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. XXIII (1905), S. 463. Vgl. besonders Volkens, Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin 1912.

[2]) Graebner, Pflanzenwelt Deutschlands, S. 122.

[3]) Wiesner, Jul., Ber. d. Deutschen Bot. Ges. XXII (1904), S. 64, 316, 501; XXIII, S. 49.

[4]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., II; (1904), S. 278.

wirken. Über die direkte Einwirkung des durch schlechte Bodendurchlüftung, dadurch bewirkte Herabsetzung der Wurzeltätigkeit usw. veranlaßten Laubfalles sind unseres Wissens wissenschaftliche Messungen nicht gemacht worden; die Tatsache aber, daß jede Schwächung des Wurzelkörpers, in erster Linie durch unvorsichtiges Bewässern und dadurch entstehende Erkrankung der Wurzelspitzen, selbst bei immergrünen Pflanzen sofort einen energischen Laubfall, der bis zur völligen Entblätterung gehen kann, auslöst, ist allen Gärtnern längst aus der Praxis bekannt. Die Erscheinung tritt bei empfindlichen Pflanzen, vielen Neuholländern, Cappflanzen, Ericaceen usw. so regelmäßig ein, daß aus ihr mit Sicherheit auf diesen Kulturfehler geschlossen werden kann. Ganz außerordentlich häufig ist als erste äußerlich sichtbare Erscheinung der gehemmten Wurzelatmung als Folge von Bodenverdichtung, Einschüttung, Pflasterung usw. das vorzeitige Vergilben und der frühe Laubfall zu konstatieren.

Die anatomischen Vorgänge bei den normalen Abgliederungsprozessen sind von v. Mohl[1]) sehr eingehend studiert worden. Bei den Blättern erfolgt eine Abgliederung dadurch, daß sich an der Basis des Blattstiels, in der Regel noch innerhalb des Blattkissens, und zwar meist dort, wo der Kork der Rinde in die Epidermis des Blattstiels übergeht, im Innern des Blattstielgewebes durch neu auftretende Zellteilung eine quer durchgehende Parenchymschicht ausbildet, deren Zellen in einer Ebene voneinander weichen.

v. Mohl nennt die Zone, in welcher sich die Trennungsschicht bildet, die „rundzellige Schicht“, weil sie aus sehr kurzem, parenchymartigem Gewebe besteht, das nach dem Blattkörper hin allmählich in die langgestreckten Zellen des Blattstiels übergeht, nach der Rinde des Zweiges hin aber scharf abgegrenzt ist.

In sehr vielen Fällen ist die grüne, chlorophyll- und stärkereiche Rinde des Zweiges von diesem kurzen, meist stärkelosen, chlorophyllarmen, an der Basis zur Zeit des Blattfalls sich bräunenden Parenchym der rundzelligen Schicht des Blattkissens durch eine aus tafelförmigen Zellen gebildete Korklage getrennt. Diese Korkplatte, welche an den Seiten in die inneren Korkschichten der Zweigrinde übergeht, ist von Schacht[2]) als die Ursache der Abgliederung der Blätter angesehen worden. In der Tat kann man vermuten, daß, wenn sich eine Korkplatte zwischen das Gewebe der Rinde und das des Blattstiels einschiebt, das Blatt in seiner Nährstoffzufuhr verarmt und allmählich zugrunde geht. Dennoch ist die Korkschicht nicht die Veranlassung zum Blattfall; denn v. Mohl hat gezeigt, daß sie bei vielen Pflanzen mit abfallendem Laube sich gar nicht bildet. So z. B. ist keine Korkschicht zu finden bei den Farnkräutern mit abfallenden Wedeln (*Polypodium*, *Davallia*), ferner bei *Ginkgo biloba*, *Fagus silvatica*, einigen *Quercus*-Arten, *Ulmus campestris*, *Morus alba*, *Fraxinus excelsior*, *Syringa vulgaris*, *Atropa belladonna*, *Liriodendron tulipifera* usw. Dagegen bildet sich die Korklage aus bei *Populus Canadensis*, *Alnus glutinosa*, *Juglans nigra*, *Daphne mezereum*, *Sambucus racemosa*, *Viburnum lantana*, *Lonicera alpigena*, *Vitis vinifera*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Aesculus macrostachya*, *Pavia rubra* und *P. lutea*, *Acer platanoides*, *Prunus*

[1]) v. Mohl, Über die anatomischen Veränderungen des Blattgelenkes, welche das Abfallen der Blätter herbeiführen. Bot. Zeit. 1860, Nr. 1 u. 2.

[2]) Schacht, Anatomie und Physiologie, II, 136.

padus, *Robinia pseudacacia*. Die Korkschicht ist also nur als eine Schutzschicht des durch den Blattfall bloßgelegten Rindengewebes zu betrachten, die sich häufig schon ausbildet, bevor das Blatt abgefallen ist.

Die eigentliche Trennungsschicht bildet sich über der Korklage in dem fast isodiametrischen Parenchym der rundzelligen Schicht, und zwar auch noch nicht in dem direkt an den Kork grenzenden, braunwandigen, sondern in dem auf diesen folgenden, hellwandigen, gesunden Teile. Dort zeigt sich kurz vor dem Blattfall eine quer vor dem Auge nach der Außenseite des Blattstiels verlaufende Zone jugendlicher, zartwandiger Zellen mit weniger lufthaltigen Interzellularräumen und kleinen, sonst im Blattstielwulste nicht vorkommenden Stärkekörnern. In dieser neugebildeten Gewebezone weichen die Zellen, ohne zu zerreißen, lediglich durch Abrundung, wie schon Inman[1]) beobachtete, auseinander. Ein Teil verbleibt dem abknickenden Blattstiel, ein anderer der Blattnarbe, an welcher er bald vertrocknet. Der Blattfall ist demnach ein vitaler und kein mechanischer Akt. An den Veränderungen, welche das Zellgewebe des Blattstielwulstes erfährt, nehmen die Gefäßbündel vor dem Abfallen des Blattes gar keinen Anteil. Diese laufen, ohne ihre Organisation zu ändern, ja, ohne sich zunächst braun zu färben, durch die rundzellige Schicht und die Korklage hindurch. Der Bruch derselben tritt, nachdem der Riß durch das parenchymatische Gewebe erfolgt ist, auf rein mechanische Weise ein. — Störungen in der Ausbildung der Trennungsschicht durch Frost usw. werden in späteren Kapiteln erwähnt.

Bei manchen Pflanzen [*Nuphar*, vielen Monokotyledonen, krautartigen Farnkräutern[2])], bei denen keine Korkbildung an der Blattnarbe vorkommt, gehen die äußeren, vertrockneten Zellschichten der Blattnarbe unmittelbar in das gesunde Rindenparenchym über und werden durch Weiterentwicklung desselben ebenfalls abgestoßen.

v. Bretfeld[3]) kommt zu dem Resultat, daß der Ablösungsvorgang der Blattorgane bei den Mono- und Dikotyledonen derselbe ist; nur der Schluß der Ablösungsfläche ist bei verschiedenen Gattungen verschieden. Ein wesentlicher Unterschied besteht aber in der Zeit der Bildung der Gewebezone, in welcher die Trennungsschicht entsteht. Während bei den Dikotylen der Ablösungsprozeß das Produkt einer kurz vor dem Abfall eintretenden Lebenstätigkeit ist, zeigt sich dieser Vorgang bei den baumartigen Monokotyledonen, Orchideen und Aroideen als ein durch Anlage einer bestimmten Schicht vorbereiteter, mit der allgemeinen Gewebedifferenz fortschreitender Akt.

Zu tiefe Lage der Saat.

Die Erfahrung wird vielfach gemacht, daß bei reicher Aussaat keimfähiger Samen eine verhältnismäßig geringe Menge von Pflanzen erzogen wird. Häufiger, als man in der Regel glaubt, liegt die Ursache in einem zu tiefen Unterbringen der Samen. Bei dem Eineggen oder dem stellenweise bei Gerste üblichen Unterhacken[4]) ist es gar nicht zu vermeiden,

[1]) Inman, Bot. Zeit. VIII. (1850) S. 198 nach Sorauer 3. Aufl. S. 348.

[2]) v. Mohl, Über den Vernarbungsprozeß bei der Pflanze. Bot. Zeit. VII. (1849) S. 645.

[3]) v. Bretfeld, H., Über den Ablösungsprozeß saftiger Pflanzenorgane. Bot. Zeit. XVIII (1860) S. 273 nach Sorauer 3 Aufl. S. 348.

[4]) Eggers-Gorow, Versuche über den Nutzen oder Nachteil einer flachen oder tiefen Bestellung der Gerstenkörner. Mecklenb. landw. Ann., 1874, Nr. 23.

daß einzelne Samenkörner sehr tief, andere sehr flach zu liegen kommen. Gleichmäßigkeit kann nur durch Bestellung mit der Drillmaschine erzielt werden. Aber auch der Gärtner, der bei Topfaussaaten eine sehr gleichmäßige Bedeckung der Samen herstellen kann, erhält bei sehr feinen Sämereien nicht selten nur einen geringen Prozentsatz an Pflanzen, selbst wenn der Same gut und keimfähig war.

Daß selbst ruhende Samen atmen, zeigte u. a. Kolkwitz[1]) an Gerste. Wenn auch naturgemäß die Atmung ganz außerordentlich gering ist. Bei 10—11% Feuchtigkeitsgehalt lufttrockene Körner schieden in 24 Stunden pro Kilogramm nur $^1/_2$—$1^1/_2$ mg CO_2 aus, bei 33% Feuchtigkeit wurden aber schon etwa 2000 mg Kohlensäure abgegeben. Wenn man dabei noch die Temperatur steigerte und den Sauerstoffgehalt der Atemluft erhöhte, wurde die Respiration noch viel (etwa zehnmal) höher, erreichte also (und zwar sehr schnell) eine erstaunliche Höhe. Zerschnitt man die Körner in zwei Hälften, so zeigte die Hälfte mit dem Keimling etwa die dreifache Höhe der Atmung als der andere Teil. Selbst zerschrotete trockene Körner, die mehrere Stunden auf 100° C erwärmt waren, atmeten bei Wiederbefeuchtung, zeigten also die große Lebenszähigkeit des ruhenden Protoplasmas.

Die Keimung läßt eigentlich drei Phasen erkennen. Jede derselben kann Störungen erleiden und Ursache für das Fehlschlagen der Pflanzen werden. Das erste Stadium umfaßt die Quellung und kann als ein mechanischer Vorgang aufgefaßt werden, bei welchem eine Temperatursteigerung beobachtet worden ist. Er leitet das zweite Stadium, die Mobilisierung der Reservestoffe, eine Kette chemischer Erscheinungen, ein, und diese begleiten den dritten Akt, den der gestaltlichen Entwicklung.

Störungen im Stadium der Quellung sind mehrfach beobachtet worden. Nobbe und Haenlein[2]) fanden ganz besonders bei Papilionaten und Caesalpinioideen die Samenschale bisweilen so undurchdringlich für tropfbar flüssiges Wasser, daß die Samen jahrelang den Embryo ohne Regung, aber immer noch gesund behielten. Der Same keimte nicht, weil er nicht aufzuquellen vermochte. Bei den Kleesamen erweist sich die oberflächlich gelegene Stäbchen- oder Hartschicht, in deren Zellen der Farbstoff sitzt, so impermeabel für Wasser, daß Kleesamen 8 bis 14 Tage lang in englischer Schwefelsäure und jahrelang in Wasser liegen können, ohne auch nur ihren an und für sich im Wasser löslichen Farbstoff aus den Stäbchenzellen zu verlieren. Auch bei anderen Familien sind derartig hartschalige Samen in den letzten Jahrzehnten studiert worden, so z. B. von Loesener bei *Ilex*. In solchen Fällen hilft nur mechanische oder chemische Behandlung. Galter und Klose[3]) vermischten die Samen von Luzerne und Kleearten mit feinem Sande und rieben ein solche Mischung enthaltendes Säckchen 10 Minuten lang unter den Füßen. Ohne daß die Samen sich wesentlich beschädigt zeigten,

[1]) Kolkwitz, Über die Atmung ruhender Samen. Berichte der Deutschen Bot. Ges., XIX, (1901), S. 285ff.

[2]) Nobbe und Haenlein, Über die Resistenz von Samen gegen die äußeren Faktoren der Keimung. Versuchsstationen 1877, S. 71. — Lakon, Der Keimverzug bei den Koniferen und hartschaligen Leguminosensamen, Naturwiss. Zeitschr. Forst- u. Landw., IX. (1911), S. 226—227.

[3]) Galter und Klose, Quellungsunfähigkeit von Kleesamen. Wiener landw. Zeitschr., 1877, Nr. 17, vgl. Jahresb. f. Agrikulturchemie, XX. (1877), S. 181.

erwies sich nach dieser Behandlung die Luzerne um 13,4 %, Weißklee um 10,2 %, Hornklee um 37,8 % quellungsfähiger. Nobbe[1]) führt Beispiele von einer unerwartet langen Erhaltung der Keimkraft an. Kiefernsaatgut von *Pinus silvestris*, aus dem Jahre 1869 stammend, lieferte nach fünfjähriger Aufbewahrung in verschlossenen Gläsern innerhalb eines bewohnten Zimmers noch 32 %, nach sieben Jahren noch 12 % keimungsfähige Samen. Rotklee (*Trifolium pratense*) zeigte bei derselben Aufbewahrung nach 12 Jahren noch 10,5 %, Erbse (*Pisum sativum*) nach 10 Jahren noch 47,7 %, *Spergula arvensis* nach 12 Jahren noch 20 %, Lein (*Linum usitatissimum*) nach 6 Jahren noch 49 %, nach 11 Jahren noch 3 % keimender Samen. Von 400 Körnern der Akazie (*Robinia pseudacacia*) waren nach 10 Tagen, nach welchen die für praktische Zwecke gültige Versuchszeit aufhört, 71 Körner, bis Ende des Jahres noch 55 Körner, im folgenden Jahre noch 18, im darauffolgenden noch 7 und nach 7 Jahren noch 1 Same gekeimt, und zwar bei steter Aufbewahrung derselben in zeitweise erneuertem, destilliertem Wasser. Über die Keimfähigkeit käuflicher Samen vgl. besonders Nobbe[2]).

Über die Zahl der im Garten- und Ackerboden ruhenden keimfähigen Samen von Unkrautarten berichteten Buchenau und Snell[3]).

Nach diesen Erfahrungen wird es uns glaubhaft erscheinen, daß manche verschüttete Samen, unbeschadet ihrer Lebenskraft, sehr große Zeiträume überdauern. Auch bei den vorerwähnten Akaziensamen war der nach sieben Jahren ungekeimt gebliebene Rest noch völlig gesund. Eine geringe Verletzung der Samenschale hatte nach wenigen Stunden Aufquellung und in der Regel auch baldige Keimung zur Folge.

Störungen in der zweiten Phase des Keimungsprozesses, in welcher die chemische Aktion der Überführung der starren Reservestoffe in wanderungsfähiges Bildungsmaterial erfolgt, sind am häufigsten zu beobachten. Nicht zu verwechseln mit wirklichen Störungen ist das bei vielen harten Samen vorkommende überjährige Liegen im Boden (z. B. *Crataegus*, *Rosa*, *Juglans*, *Prunus*). Teils mag hier auch die schwere Quellbarkeit schuld sein.

Die wirklichen Störungen zeigen sich bei Mangel der zur Keimung notwendigen äußeren Bedingungen. Dahin gehören außer Feuchtigkeit und Wärme der ungehinderte Zutritt von Sauerstoff und die Innehaltung der Zeit der Reaktionsfähigkeit des Samens.

Die Zeit, innerhalb welcher der Same auf die Einwirkung der äußeren Keimungsbedingungen mit der normalen Mobilisierung der Reservestoffe und der Entwicklung des Embryos antwortet, ist für die einzelnen Pflanzengeschlechter und Arten, ja selbst für die Individuen derselben Varietät ungemein verschieden. Bekannt ist, daß man Weiden, Pappeln und Ulmen sofort nach der Ernte aussäen muß, da sie nach wenigen Tagen oder Wochen ihre Keimkraft schon einbüßen, während man bei Gurken und Melonen oft schneller fruchtbare Pflanzen erhält, wenn die Samen ein Jahr geruht haben. Die Samen mancher unserer Obst- und Waldbäume keimen zwar meist noch nach einem oder mehreren Jahren, aber die Zahl der lang-

[1]) Döbners Botanik für Forstmänner, 4. Aufl., bearb. v. Nobbe, 1882, S. 382.

[2]) Nobbe, Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876, S. 516ff.

[3]) Buchenau, Über den Reichtum des Kulturlandes unserer Städte an Pflanzensamen. Festschrift z. Aschersons 70. Geburtstag. S. 27ff. Berlin 1904. — Snell, Über das Vorkommen von keimfähigen Unkrautsamen im Boden. Landwirtsch. Jahrb., 1912, S. 323ff.

sam wachsenden, schwächlichen Exemplare nimmt mit dem Alter des Saatgutes zu. Wohl den schlagendsten Beweis in dieser Beziehung lieferte Hiltner[1]); er wies nach, daß z. B. Lupinensamen, dann aber auch andere Leguminosensamen usw. nach langer Lagerung zwar im sterilen Keimbett noch hohe Keimprozente ergeben, im reichlich Bakterien und andere Lebewesen enthaltenden garen Ackerboden aber nur wenige Prozent ganz schwächlicher Pflanzen bringen können.

Als der wichtigste Faktor neben dem Wasserzutritt, der für die Quellung notwendig, ist, wie erwähnt, der Sauerstoff anzusehen. Die Samen brauchen nicht einmal soviel Wasser zur Keimung, als ihre Substanz überhaupt bis zur Sättigung imbibieren kann; die vegetative Tätigkeit des Keimlings beginnt schon vor dieser Zeit[2]). Bei anfänglichem Mangel an tropfbar flüssigem Wasser, das endosmotisch aufgenommen werden kann, nimmt der Same auch aus der Atmosphäre hygroskopisch Wasser auf[3]), verdichtet auch Wassergas auf der Oberfläche, ja, nach Art der porösen Körper kondensiert er auch Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und andere Gase. Deherain und Landrin[4]) fanden, daß aus der atmosphärischen Luft der gequollene Same verhältnismäßig mehr Sauerstoff als Stickstoff aufnimmt, so daß in einem geschlossenen Raume mehr Stickstoff zurückbleibt; von einem bestimmten Zeitpunkt, öfter etwa vom dritten Tage ab beginnt er, Kohlensäure dafür abzugeben, und diese Produktion steigert sich, so daß bald mehr Kohlensäure vorhanden, als der in dem eingeschlossenen Luftvolumen befindlich gewesene und allmählich ganz verschwundene Sauerstoff hätte liefern können. Die übermäßige Kohlensäureproduktion ist also als ein Produkt der Oxydationsvorgänge der im Samen sich einleitenden inneren Verbrennung zu betrachten.

Die Verfasser stellen sich den Beginn der chemischen Aktionen im Samen in der Weise vor, daß die schnelle, bei den verschiedensten Samen anfangs konstatierte Gasverdichtung latente Wärme des Gases notwendig frei werden läßt, und diese Wärme steigert die Temperatur des eingeschlossenen Sauerstoffs genügend, um eine Oxydation beginnen zu lassen.

Damit ist der Anstoß zur normalen Lösung des Reservematerials des Samens gegeben; die durch die Oxydation frei werdende Wärme begünstigt immer mehr diese Vorgänge, welche sich nach außen hin durch die Produktion von Kohlensäure kundgeben.

Die Erweckung des schlummernden Samens wird nach dieser Auffassung durch die Lockerung vorbereitet, welche die Samenschale infolge ihrer Quellung durch Wasser erleidet; die gelockerten, für Gase durchlässig gewordenen Zellschichten gestatten nun ein schnelles Eindringen der Gase, die mit ihrer Kondensation also den ersten Anstoß zu denjenigen Verbrennungsprozessen geben, welche den Übertritt der Reservestoffe in eine diffusible, wanderungsfähige Form veranlassen.

---

[1]) Hiltner, Arbeiten der Biolog. Abt. f. Land- u. Forstwirtsch. am Kais. Gesundheitsamt Dahlem (1899). — Über Wirkung einer Bedeckung der Samen vgl. Prakt. Blätter Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1916, S. 3—10 (Förderung der Pilze durch Bedeckung).

[2]) Jahresb. f. Agrikulturchemie, 1880, S. 213.

[3]) R. Hoffmann im Jahresbericht der agrikulturchemischen Untersuchungsstation in Böhmen, 1864, S. 6, und F. Haberlandt in Zeitschrift für deutsche Landwirte, 1863, S. 355. Beide Arbeiten im Auszuge in Jahresb. f. Agrikulturchemie, Jahrg. VII (1864), S. 108 u. 111.

[4]) Compt. rend. 1874, LXXVIII, S. 1488, vgl. in Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1874, II, S. 185.

Da man bei Pflanzen mit Samennährgewebe beobachten kann, daß die Lösung der Stärke vom jungen Pflänzchen, bei den Monokotylen von dem Samenlappen aus beginnt, so wird man annehmen können, daß der stickstoffreichste Teil, nämlich das plasmastrotzende Gewebe des Embryos, zuerst zu Umsetzungserscheinungen durch den Sauerstoff angeregt wird und nun selbst durch Entwicklung reicher Enzyme anregend weiter auf die Umgebung wirkt.

Die Störung in der zweiten Keimungsphase kann nur erfolgen durch Sauerstoffmangel oder auch durch Überschuß an Kohlensäure. Die große Schädlichkeit der letzteren geht aus den von Dehérain und Landrin (a. a. O.) bestätigten Angaben von Th. de Saussure hervor, daß kein Gas der Keimung so nachteilig sei wie gerade die Kohlensäure. Samen, welche in einer Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff gehalten werden, keimen wie in atmosphärischer Luft; es genügt jedoch, einer Atmosphäre von Sauerstoff einige Hundertstel Kohlensäure zuzuführen, um die Keimung stillstehen zu sehen, sobald nur die Würzelchen herausgetreten sind. Ist die Kohlensäure sehr beträchtlich, so gehen die Samen zugrunde, ohne zu keimen (vgl. auch oben S. 135).

Auch anderen ruhenden Pflanzenteilen ist die Kohlensäure im Überschuß sehr schädlich. Van Tieghem und Bonnier[1]) fanden bei Zwiebeln und Knollen (*Tulipa*, *Oxalis crenata*), die in sauerstoffreicher Luft noch weiter atmeten, also Kohlensäure produzierten, daß sie in einer Atmosphäre von reiner Kohlensäure Alkohol bildeten. Derartige Tulpenzwiebeln, welche einen Monat hindurch in sauerstofffreier Luft gelegen, waren erstickt.

Solcher Kohlensäureüberschuß kann mit Sauerstoffmangel gemeinsam nun bei einer zu tiefen Lage der Saat auftreten. Diese schadenbringende Höhe der Bodendecke, welche die Keimung des Samens verhindert, läßt sich aber nicht durch bestimmte Zahlen ausdrücken. Abgesehen von den verschiedenen Ansprüchen der einzelnen Pflanzenarten differiert aber für dieselbe Art die zulässige Höhe der Bedeckung nach Bodenbeschaffenheit, Menge und Verteilung der Niederschläge usw. Daher weichen die Resultate der vielfach vorgenommenen Versuche über die beste Aussaattiefe auch voneinander ab, sobald sie auf bestimmte Zahlenangaben eingehen. Sie stimmen aber alle darin überein, daß man in zweifelhaften Fällen lieber zu flach als zu tief säen soll.

Der Zweck der Bedeckung ist die Befestigung der jungen Pflanze und die Erhaltung eines ausgiebigen Feuchtigkeitsgrades. Der Lichtabschluß kommt weniger in Betracht. Vor allem ist die Erhaltung einer zum Keimen genügenden Feuchtigkeit ins Auge zu fassen. Ist eine solche vorhanden, dann werden die Wurzeln selbst bei oberflächlicher Lage des Samens alsbald in den Boden eindringen. Somit würde eine ganz flache Saat aller Samen zu empfehlen sein, wenn nicht die trockenen Frühjahrsperioden kämen, welche die Bodenoberfläche so weit austrocknen können, daß eine vorübergehende oder selbst dauernde Sistierung der Lebenstätigkeit im Keimling stattfindet.

Je lockerer der Boden, desto leichter die Gefahr des Austrocknens, desto tiefer also muß die Saat zu liegen kommen. In Gegenden mit

[1]) Bulletin de la Société botanique de France, XXVII, 1880, S. 83, vgl. in Wollnys Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik.

trockenem Frühjahr wird schwerer Boden eine gleichmäßigere Keimung zulassen, selbst bei geringer Saattiefe. Derselbe Boden und dieselbe Tiefe der Aussaat werden gefährlich, wenn starke Regengüsse und heiße Tage schnell abwechseln und auf der Oberfläche des Bodens eine feste Kruste erzeugen, welche die Luftzufuhr zu den im regsten Stoffwechsel befindlichen Samen nahezu abschneidet. Die im Samen eingeschlossene Binnenluft hält nicht lange vor. Die Durchlüftung des Pflanzenkörpers ist aber unumgänglich nötig; selbst der ruhende Same leidet außerordentlich, wenn ihm die Binnenluft entzogen wird. Die scharfe Krustenbildung des Bodens kann eine an und für sich nicht schädliche Saattiefe somit zur Ursache bedeutender Schädigung werden lassen.

Wie sehr der Luftmangel die Keimfähigkeit der Saat beeinflußt, erhellt aus den Zitaten von de Vries[1]). Hiernach injizierte Haberlandt Runkelknäuel unter der Luftpumpe und beobachtete, daß sie 71,13 % Wasser aufnahmen[2]); es keimten nun von diesen teilweise luftleer gemachten Samen nur 30 %, während von den zur Kontrolle aufgestellten normalen Samen 90 % keimten. Bei einem zweiten Versuche wurde die gesamte Luft durch Wasser unter der Luftpumpe ersetzt, und es keimten jetzt nur noch 8 % gegenüber 72 % bei der Kontrollprobe.

Auch war die Zeit, welche die Samen zur Keimung brauchten, bei den normalen kürzer. Es ist wohl anzunehmen, daß die Entfernung speziell des Sauerstoffs aus dem Samen und die Erschwerung einer Diffusion neuer Quantitäten dieses Gases in die Interzellurräume die Ursache der Erlöschung der Keimkraft sind. Dutrochet[3]) sah auch bei erwachsenen Pflanzenteilen den Tod häufig eintreten, wenn dieselben mit Wasser injiziert waren.

In der S. 146 genannten Arbeit zeigte Hiltner u. a. auch, daß die alten, in ihrer Lebenskraft geschwächten Samen auf jede Einschränkung der Luftzufuhr durch Verfaulen reagierten.

Von den mehrfach durchgeführten praktischen Versuchen, präzise Zahlenwerte für die beste Saattiefe des Getreides zu gewinnen, sind die von Roestell, Tietschert, Ekkert und Wollny (S. 150) die eingehendsten. Roestell[4]) gibt für lockeren, kräftigen Ackerboden 2—4,5 cm als günstigste Tiefe an.

Die Tietschertschen Versuche[5]) bestreben sich, in physikalisch verschieden konstruierten Bodenarten die maximalen Grenzen der günstigen Saattiefe festzustellen. Für Sandboden ergab sich als rationelle Maximaltiefe 10 cm, für humosen Boden 8 cm, für kalkhaltigen Ton- und Lehmboden 5 cm.

Letztere beide Bodenarten litten von der trockenen Witterung, so daß die seichtere Aussaat schlechtere Erfolge gab. Ein später im Jahre wiederholter Versuch (August bis September) ergab für alle Bodenarten eine Saattiefe von nur 2,5 cm als sehr ungünstig der Trockenheit wegen; Tonboden erwies sich in diesem Falle bei 10 cm Saattiefe am günstigsten. Man sieht daraus, mit welcher Reserve die bestimmten Zahlen aufgenommen

---

[1]) De Vries, Keimungsgeschichte der Zuckerrübe, Landwirtsch. Jahrb. v. Thiel, 1879, S. 20.

[2]) Vgl. auch Nobbe, Handbuch der Samenkunde, Berlin 1876, über die Wasseraufnahme der Samen.

[3]) Dutrochet, Mémoires etc. Edition Bruxelles S. 211, zit. von de Vries a. a. O.

[4]) Annalen der Landwirtschaft, LI, S. 1.

[5]) Tietschert, Keimungsversuche mit Roggen und Raps. Halle 1872.

werden müssen. Ekkert[1]) experimentierte mit Roggen, Hafer und Gerste in Lehmboden, Teichschlamm, Sandboden und Gartenerde. Bei Aussaaten von Roggen in freistehenden Holzkästen zeigte sich ein Unterschied zwischen 2—8 cm Bedeckung im Aufgehen der Pflanzen (infolge der gleichmäßigen allseitigen Durchlüftung) nicht. Bei Versuchen im Freien erschien die Bestockung um so günstiger, je geringer die Tieflage der Saat war; doch bezieht sich dies mehr auf die Zeit des Erscheinens der Sprosse als auf die Qualität derselben. Hafer und Gerste vertragen eher eine tiefere Unterbringung als Roggen. Bei Sommerung ist eine tiefere Lage der Saat zulässig als bei Winterung. Die Minimalgrenze für Getreide dürfte 1,5 bis 2 cm betragen, die Maximalgrenze für günstige Resultate wohl bei 6 cm liegen.

Nach den Erfahrungen botanischer Gärten keimen die Samen mancher Pflanzen, sogar gewisser häufigster Unkräuter, z. B. einiger Melden, Brennesseln usw., nur, wenn sie ganz in die Oberfläche des Bodens gebracht werden. Es ist zweifelhaft, ob hier nur der Luftzutritt das fördernde Moment ist, sondern nicht auch das Licht, welches neuerdings als sehr wesentlich für die Keimung vieler Samen nachgewiesen wurde[2]).

Spätere Versuche von Ekkert[3]) ziehen einen anderen, sehr berücksichtigungswerten Faktor in Betracht, der für denselben Boden wiederum modifizierend auf die zulässige Saattiefe einwirkt. Die Qualität des Saatgutes ist bisweilen ausschlaggebend. Auf die Keimfähigkeit schien die Qualität des Saatweizens, mit dem zuerst experimentiert wurde, allerdings ohne Einfluß, aber die Entwicklung der jungen Pflanze war bei gleicher Saattiefe um so günstiger, je besser das Saatkorn war. Bei einer mittleren Saattiefe (es handelt sich um Versuche im Sandboden) von 5 cm ergaben alle Qualitäten das längste Stroh; bei derselben Tiefe waren auch die Ähren am längsten. Das Verhältnis des Gewichtes des Körnerertrages zu dem des Strohertrages ist um so ungünstiger ausgefallen, je schlechter das Saatgut und je tiefer die Aussaat gemacht worden war. Die Versuche mit Gerste bestätigten die Ergebnisse, welche bei Weizen gewonnen worden waren: je geringer die Saattiefe und je besser die Qualität bei derselben Tiefe, desto früher ging die Saat auf. Die Summe der aufgelaufenen Pflanzen war bei dem geringeren Saatgute keine geringere, aber der Einfluß der Saattiefe machte sich bei dieser Qualität darin geltend, daß das Stroh um so länger war, je seichter dieUnterbringung. Im allgemeinen wird man sich sagen müssen, daß die Saattiefe bei sonst gleich gedachten Verhältnissen zunächst auf alle diejenigen Entwicklungsstadien von Einfluß sein wird, die mit dem Jugendstadium zusammenhängen. Es ist aber auch die Quantität der Körnerernte durch die Anzahl der Sprosse und die Länge der Ähren sowie die Ausbildung der Ährchen von der jugendlichen Entwicklung abhängig und wird somit von der Saattiefe beeinflußt. Dagegen hängt die Qualität der geernteten Körner von dem Ernährungszustande und den Witterungsverhältnissen des laufenden Jahres ab, wird also kaum mehr durch die Jugendentwicklung oder die angeerbten Eigenschaften des Kornes beeinflußt werden.

---

[1]) Ekkert, Über Keimung, Bestockung und Bewurzelung der Getreidearten usw. Inauguraldissertation. Leipzig 1874.

[2]) Vgl. darüber u. a. Zeitschrift f. Pflzkrkh. XXI (1911), S. 375, Kinzel u. a.

[3]) Ekkert, Kulturversuch mit Weizen und Gerste verschiedener Qualität usw. Fühling's Landw. Zeit., 1875, Heft 1; 1876, Heft 1 u. 2.

Daß auch das Alter des Saatgutes oder ein langer Transport (Übersee usw.) von erheblichem Einfluß ist, wurde bereits oben mehrfach betont (vgl. auch Hiltner a. a. O.). Bei älteren Samen machen sich auf der Oberfläche der Kotyledonen oder des Nährgewebes bei der Keimung tote Stellen bemerkbar, die bei größeren Samen meist mit bloßem Auge sichtbar sind. Diese meist der Kleberschicht angehörigen, wohl durch Eintrocknen oder Druck abgestorbenen Stellen bieten nun natürlich den besten Nährboden für die im Boden befindlichen Bakterien, Pilze usw. dar, und da sie innen nicht von einer Korkschicht umgeben sind, vergrößern sie sich zusehends, so daß meist ein großer Teil von einem oder beiden Kotyledonen verfault, so daß einer oder gar beide absterben. Der Keimling wird dadurch natürlich arg geschwächt, wenn er eben nicht ganz erliegt.

Vorquellen der Samen, das mehrfach bei anhaltend trockener Saatzeit für leichten Boden empfohlen worden ist, hat seine großen Bedenken. Wenn nämlich die Witterung trocken bleibt, reicht das aufgenommene Quellungswasser nicht aus, um ein Eindringen der primären Würzelchen des Getreides in Bodenschichten mit genügender Feuchtigkeit zu gestatten, und es ist dann eine Vegetationsunterbrechung unvermeidlich. Daraus erklärt sich die Erfahrung von Wollny[1]), daß Vorquellen später ausreifende Pflanzen liefert.

Die eingehendsten Studien über die passende Saattiefe verdanken wir Wollny[2]), der für Getreide feststellte, daß 2 bis etwa 3 cm tiefe Aussaat die besten Ernteresultate liefert. Darüber hinaus fand sich, wie Jörgensen[3]) bereits besonders hervorgehoben, ein merklicher Rückgang. Letztgenannter Autor sah auch, daß der Roggen dabei am empfindlichsten war, der Weizen am wenigsten litt. Bei den Hülsenfrüchten und gesunden Samen ist die Saattiefe bedeutungsloser; dagegen erwiesen sich Kleearten, Rüben und Raps sehr abhängig von der Höhe der Samenbedeckung, die noch geringer als bei dem Getreide (0,5 bis 2,6 cm) wünschenswert erscheint. Die Wollnyschen Versuche zeigten, daß in den trockenen Jahren die stärkere, in den feuchten die schwächere Erddeckung am vorteilhaftesten waren. Übereinstimmend bei feuchter und trockener Witterung bemerkte man eine Verspätung der Erntezeit mit zunehmender Saattiefe, eine Abnahme der Zahl der überhaupt aufgelaufenen und noch mehr der bis zur Ernte sich erhaltenden Pflanzen.

Aber es muß immer wieder betont werden, daß präzise Zahlen für die günstigste Saattiefe in den einzelnen bestimmten Lokalitäten nur direkt vom Landwirt gesammelt werden können, da nicht nur Bodenbeschaffenheit und Witterung, sondern auch der Sortencharakter mitsprechen, wie Stößner[4]) gezeigt hat.

Dasselbe gilt für Knollen, Zwiebeln und Wurzelstücke, die zur Aussaat benutzt werden. Hier sprechen ganz besonders die Kohäreszenzverhältnisse des Bodens mit, weil diese wasserreichen, fleischigen Organe von der Sauerstoffzufuhr im Boden wesentlich und schnell beeinflußt

---

[1]) Bot. Centralbl. XXX, Nr. 15 (1887), S. 48.

[2]) Wollny, Saat und Pflege der landwirtschaftl. Culturpflanzen. Berlin 1885.

[3]) Jörgensen, S., Versuche über das Unterbringen der Saat usw. Annalen d. Landw. in d. Kgl. Preuß. Staaten. Wochenblatt 1873, Nr. 11.

[4]) Stößner, Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Aussaattiefen usw. Landwirtsch. Jahrbücher 1887.

werden. Für Kartoffeln haben schon die Versuche von Nobbe[1]) und Kühn[2]) ergeben, daß in fraglichen Fällen das seichtere Auslegen das vorteilhafteste sein wird. Bei der Treiberei der Blumenzwiebeln entstehen bisweilen namhafte Verluste dadurch, daß die Zwiebeln (Hyazinthen) zu tief in die Töpfe gepflanzt oder mit den Töpfen bis zum Stadium der Durchwurzelung zu hoch mit Erde bedeckt werden. Namentlich wenn der Deckboden schwer und feucht und die Zwiebeln im Vorjahr bei feuchter Witterung nicht genügend ausgereift sind, pflegt sich leicht der „Rotz" (s. d. Bd. II) einzustellen.

Interessant ist der Vorgang der Selbstregulierung der Saattiefe seitens einzelner Pflanzen, wie sie sich ebenso bei gewissen Zwiebeln[3]) und Knollen (*Tulipa, Galanthus* usw.) einstellt. Bei den Gräsern, und zwar am besten erkennbar bei unseren Getreidearten, ist das erste Internodium der Apparat, der dazu bestimmt ist, bei zu tiefer Lage des Samenkorns den die Stengelanlage und die Seitenknospen bergenden zweiten Knoten, den Bestockungsknoten, in die lockere, stark durchlüftete obere Bodenschicht hinaufzuschieben. In beistehender Abbildung 12 erblicken wir das bereits nahezu entleerte Samenkorn mit seinen schwach gebliebenen, bereits im Korn angelegt gewesenen (primären) Wurzeln. Aus dem Samenkorn hat das erste (überverlängerte) Internodium den zweiten Knoten bis in die Nähe der Erdoberfläche hinaufgeschoben, und erst in dieser günstigen Lage haben sich die nunmehr auf Lebenszeit verbleibenden sekundären Wurzeln entwickelt, dort kommen die Anlagen der Seitentriebe zu weiterer Ausbildung. Bei flacher Aussaat bleiben beide Knoten dicht beieinander und geben im Querschnitt umstehendes Bild (Abb. 13). Das Gewebe des Knotens erscheint durch gebräunte Gefäßstränge radial gefächert Diese



Abb. 12. Roggensämling bei tiefer Lage des Samenkorns. Emporhebung des Bestockungsknotens in die Nähe der Bodenoberfläche. (Sorauer.)

[1]) Nobbe, Handbuch der Samenkunde, Berlin 1876, S. 184.
[2]) Kühn, Berichte aus dem physiolog. Laborat. Halle, Heft I, S. 43.
[3]) Vgl. Kirchner, Loew, Schröter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas (Monokotyledonen). I. 3. Fig. 289 ff.

Gefäßbündelzylinder gehören den primären Wurzeln an und erkranken bereits während oder bald nach der Ausbildung der sekundären Wurzeln. Das Grundgewebe des Knotens zeigt dicht an der wenigzelligen Markscheibe (m) den ersten Gefäßbündelkreis (g) des jungen Halmes. Äste dieser Bündel, kenntlich an den weiten Gefäßen (g'), sind bereits weiter außen

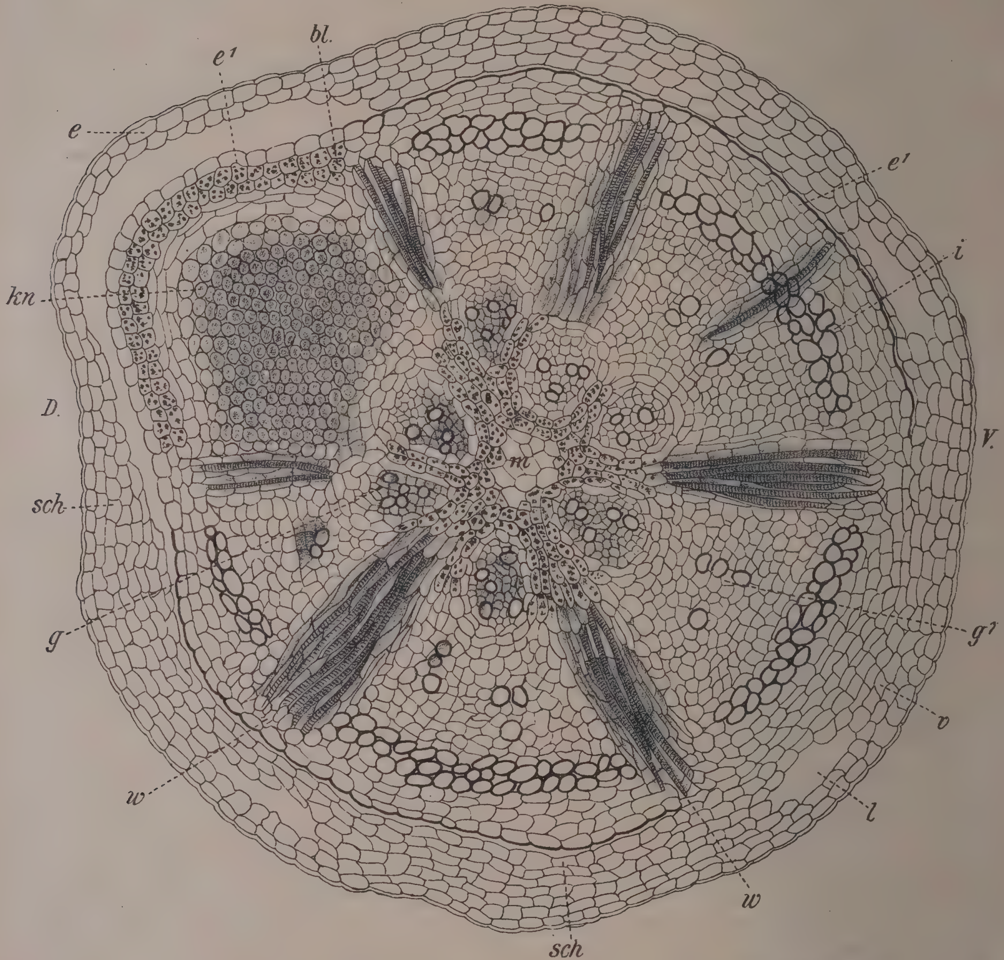


Abb. 13. Querschnitt durch den untersten Knoten einer jungen Roggenpflanze. Buchstabenerklärung im Text. (Sorauer.)

im Achsenzylinder zu finden. Dieser junge Halm besitzt auf der mit V bezeichneten Seite noch gleichmäßig zusammenhängendes Rindengewebe; nach der entgegengesetzten Seite D zu aber haben sich bereits das erste, farblos bleibende, scheidenförmige Blatt (*sch*) und die Anlage des nächsthöheren, sich später vollkommen ausbildenden ersten grünen Blattes (*bl*) vom Rindengewebe abgetrennt. In der Achsel dieses ersten Blattes erkennt man schon die meristematische Anlage der ersten Seitenknospe (*kn*), welche das vor ihr liegende grüne Blatt mit bereits deutlich entwickelter Epidermis (e') vorwölbt; e ist die Epidermis des sich eben von der Achse

differenzierenden Scheidenblattes. Verfolgt man das (punktierte) Gewebe der Anlage des ersten grünen Blattes (*bl*) im umstehenden Querschnitt rückwärts nach der mit *V* bezeichneten Seite hin, so sieht man, daß dasselbe in einen farblosen, aber durch seine verhältnismäßig großen, Luft führenden Interzellularräume (*i*) gekennzeichneten Gewebering übergeht. Es ist dies das Rindengewebe des jungen Halmes, und man erkennt somit, daß jedes Getreideblatt eine direkte Fortsetzung der Halmrinde ist.

Dieser Rindenring hängt auch auf der Seite *V* noch mit dem Gewebe des Scheidenblattes zusammen, und es ist bemerkenswert, daß diese Scheide schon in einem so jungen Stadium der Halmdifferenzierung ihre Arbeit geleistet haben muß, da das Gewebe vollständig verarmt ist und lückig (*l*) zu werden beginnt.

Während bei den Gramineen also der Hilfsapparat, der bei zu tiefer Saat den Vegetationskegel in die reichdurchlüftete Bodenkrume führen soll, in der (bis 9 cm beobachteten) Streckung des untersten und im Notfall auch noch des nächsthöheren Internodiums besteht, finden wir bei den Leguminosen und anderen Dikotyledonen eine andere Einrichtung. Bei Bohnen z. B. bemerken wir zunächst auch eine den Bedürfnissen entsprechende vermehrte Verlängerung des hypokotylen Gliedes, so daß bei ganz verschiedener Saattiefe schließlich die wachsende Stengelspitze bei allen Pflanzen in annähernd derselben Höhe sich befindet. Natürlich wird die Kräftigkeit der Pflanzen bei gleichem Saatgut durch die größere Saattiefe vermindert. Je mehr sich das hypokotyle Glied verlängern muß, damit sein dem gekrümmten Rücken des Lastträgers vergleichbarer oberer Teil die Erdlast durchbrechen und die Kotyledonen ans Licht bringen kann, desto mehr Reservestoffe werden verbraucht. Es ist daher ganz erklärlich, daß aus großer Tiefe kommende Pflanzen schwächlicher sind, selbst wenn sie nicht schon im Samen Reservestoffe durch starke intramolekulare Atmung verlieren. Solches wird aber um so mehr der Fall sein, wenn nach der zu tiefen Einsaat sich andauernd nasses Wetter einstellt, so daß Sauerstoffmangel entsteht.

Welche Mengen von Reservestoffen durch intramolekulare Atmung und Alkoholbildung verloren gehen können, zeigen die Versuche von Godlewski und Polzeniuß. Sterilisierte Erbsen im evakuierten Raume produzierten in der ersten Zeit fast so viel Kohlensäure wie bei der normalen Atmung in Luft. Die Gesamtmenge betrug über 20% der ursprünglichen Trockensubstanz der Samen. Die Menge des gebildeten Alkohols entsprach der Menge der Kohlensäure. Erst in der sechsten Woche hörte die Kohlensäureproduktion der in sterilisiertem Wasser liegenden Erbsen ganz auf, und bis dahin waren etwa 40% der vorhandenen Trockensubstanz in Alkohol und Kohlensäure gespalten worden. Das ist auch bei dem Getreide der Fall. Diese Schwächung wird bei letzterem durch die Arbeit der sekundären Wurzeln am Bestockungsknoten wieder beseitigt.

Bei den Hülsenfrüchten kann nun ein ähnlicher Vorgang der Selbsthilfe eintreten, indem, wie Wollny nachgewiesen, an dem überverlängerten hypokotylen Gliede Adventivwurzeln gebildet werden. Er beobachtete solche an dem erdbedeckten Stengelteile außer bei den Ackerbohnen auch bei Erbsen, Wicken, Linsen, Lupinen und von Pflanzen anderer Familien noch bei Raps und Sonnenblumen.

4. Krankheiten auf ursprünglich schweren oder nassen Böden.

Der Wurzelbrand der Zucker- und Futterrüben.

Es ist eine bekannte Erfahrungstatsache, daß gewisse Kulturpflanzen nur auf leichteren, luftreichen Böden gut gedeihen, auf schweren aber entweder gar nicht oder doch nur bei sehr sorgfältiger Behandlung des Bodens Erfolg versprechen. An solchen Stellen kann ein feuchter Sommer, der lange Zeit das Erdreich mit Wasser sättigt und dadurch luftarm macht, schwere Mißernten bringen, so daß Krankheitserscheinungen an den Nutzpflanzen auftreten. Sehr häufig werden die betreffenden Kulturgewächse durch die mangelhafte Bodenatmung geschwächt und fallen dann meist irgendeinem Parasiten zum Opfer, der auf den kränklichen Pflanzen dann epidemisch auftritt; diese Krankheiten sind sehr häufig in ihren Grundursachen nicht genügend studiert und können deshalb nur bei den betr. Parasiten in Bd. II, III und IV dieses Werkes behandelt werden. Zu den häufigsten Erscheinungen dieser Art gehört das Mißraten unterirdischer Rüben und Knollen in schweren lehmigen Böden in feuchten Sommern; das Erntegut ist dann meist durch Tiere zerfressen, von Pilzen befallen oder angefault. Im sehr nassen Frühjahr 1923 zeigten sich auf den verschlickten Äckern an der Unstrut bei Dichtschlämmungen durch Salz (s. S. 99) bedenkliche Anfänge des Wurzelbrandes.

Einige besonders auffällige Krankheiten, die wohl in ihrer Ursache auf Bodenversichtung zurückzuführen sind, seien hier gesondert aufgeführt. Die zuerst beschriebene Erscheinung des Wurzelbrandes der Rüben wird auf die Autorität Sorauers (s. 3. Aufl., S. 221) hin hierher gestellt; sie schließt sich ganz eng den auf S. 146 zitierten Erkrankungen des alten Saatgutes bei Sauerstoffmangel nach den Versuchen von Hiltner an.

Als Wurzelbrand bezeichnen wir eine Gewebeerkrankung, die sich schon einstellen kann, wenn die jungen Pflänzchen die Kotyledonen entfalten oder die ersten Blättchen auszubreiten beginnen. Es erscheint unterhalb der Keimblätter am Stengel eine schwarze Stelle, die nach dem Wurzelende hin (weniger nach den Kotyledonen zu) an Ausdehnung gewinnt und einsinkt. Selbst wenn die junge Keimpflanze noch nicht einmal die Bodenoberfläche erreicht hat, kann die Erkrankung in den ersten Anfängen bereits kenntlich werden. Vañha beobachtete dabei ein Glasigwerden des Gewebes, bevor dasselbe in Bräunung überging. Die Pflänzchen beginnen zu welken und knicken meist an der kranken Stelle um. Alsbald erfolgt dann der Tod. Wenn die Krankheit auf eine kurze Stengelstrecke des hypokotylen Gliedes beschränkt bleibt und das Pflänzchen nicht umfällt, kann die eingesunkene Stelle ausheilen und ein normales Weiterwachsen eintreten. Wegen der Schwärzung der kranken, oftmals fadendünn zusammenschrumpfenden Stelle unterhalb der Keimblätter bezeichnen die Praktiker die Erscheinung auch als „schwarze Beine“ oder „Zwirn“. Dieselbe Bezeichnung wird bei dem Schwarzwerden und Erweichen des hypokotylen Gliedes unserer Kohlgewächse ebenfalls angewandt, beruht aber auf anderen Verhältnissen.

Bemerkenswert ist, daß bei ausgelegten Rübensamen zwar oft ganze Büschel von Pflänzchen sich erkrankt zeigen, daß aber doch der Fall gar nicht selten ist, daß dicht neben den erkrankten auch ganz gesunde und gesund bleibende Sämlinge stehen. Ferner ist hervorzuheben, daß die

Krankheit gleichzeitig auf allen Stellen eines Feldes gefunden wird, welche überhaupt die Erkrankung zur Entwicklung gelangen lassen, und daß in der Regel mitten in erkrankten Äckern einzelne Flecke verschont bleiben. Mit dem Älterwerden der Pflanzen hört der Wurzelbrand auf. Die ausgeheilten Pflanzen[1]) pflegen allerdings den gesund gebliebenen an Größe und Zuckergehalt nachzustehen und Neigung zu Vielschwänzigkeit und anderweitigen Verkrüppelungen zu zeigen. Stoklasa[2]) hebt hervor, daß nicht alle Sorten gleich empfänglich für Wurzelbrand sind; auch nach Stehlik[3]) hat die erbliche Neigung die größte Bedeutung.

Die Krankheit kennt man seit Ausbreitung des Rübenbaues in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts, und nach Stift[4]) begann 1858 bereits auf einer Versammlung der Rübenzuckerfabrikanten des Zollvereins die Diskussion über die Ursache der Erscheinung. Von seiten praktischer Rübenzüchter wurde damals die Ansicht ausgesprochen, daß die physikalische Bodenbeschaffenheit, nämlich die zu große Festigkeit der Erde die Schuld trage. Man hob hervor, daß der Wurzelbrand nur da gefunden wird, wo der Boden oberflächlich fest geworden und nicht gelockert wurde; daher wäre fleißiges Hacken zu empfehlen.

Als die Wissenschaft sich der Frage bemächtigte, war die Parasitentheorie bereits im aufsteigenden Aste ihrer Entwicklung. Zunächst gab Julius Kühn 1859 der Ansicht Ausdruck, daß der Moosknopfkäfer (*Atomaria linearis* Stephn.) Fraßstellen erzeuge, welche den Wurzelbrand einleiteten. Sorauer hat Ähnliches beobachtet[5]). Auch die Tausendfüßler und ähnliche Tiere wurden als Ursache herangezogen. Diese für eine längere Reihe von Jahren herrschende Ansicht wurde erst erschüttert, als Hellriegel fand, daß die Krankheit ohne tierische Beschädigungen entstehen könne und in vielen Fällen schon von den Knäueln ausginge. Infolgedessen empfahl dieser Forscher ein zwanzigstündiges Einweichen der Rübenknäule in eine einprozentige Karbolsäurelösung[6]). Als eine spezielle Pilzkrankheit spricht zu ungefähr derselben Zeit Karlson die Erscheinung an und hebt dabei hervor, daß nur schwächliche Exemplare dem Wurzelbrande erliegen. Pflänzchen aus sehr gutem Saatgut oder durch energisches Wachstum sich kräftigende Sämlinge würden von den schon im Samenknäuel mitgebrachten Pilzen nicht bewältigt[7]). Die außer mit Karbolsäure auch mit Kupfervitriol vorgenommenen Beizversuche ließen eine Verminderung des Wurzelbrandes erkennen. Trotz dieser nicht ungünstigen Erfahrungen mit dem Beizen legt Karlson doch das Hauptgewicht auf die Anzucht besonders kräftiger Sämlinge und macht unsere jetzige Kulturmethode, die nur auf die Gewinnung großer Mengen von Samen hinziele

[1]) Über die Ausheilung vgl. Seeliger, R., Die Abstoßung der primären Rinde und die Ausheilung des Wurzelbrandes bei der Zuckerrübe. Arbeiten Biolog. Reichsanst. Land- u. Forstwirtsch. X (1920) S. 141—147, 1. Taf. 3. Abb.

[2]) Stoklasa, Jul., Wurzelbrand der Zuckerrübe. Centralbl. f. Bakteriologie. II. Abt., 1898, S. 687.

[3]) Stehlik W., Bekämpfung des Wurzelbrandes bei der Zuckerrübe. Öst.-Ung. Zeitschr. f. Zuckerindustrie. XLVII (1918) S. 1—10.

[4]) Stift, Anton, Die Krankheiten der Zuckerrübe. Wien 1900. Verlag des Centralver. f. Rübenzuckerindustrie.

[5]) Zeitschr. f. Pflanzenkr. II., 1892, S. 278.

[6]) Hellriegel, Über die Schädigung junger Rüben durch Wurzelbrand usw. Deutsche Zuckerindustrie, XV, S. 745. Biedermanns Centralbl. 1890, S. 647.

[7]) Auch Hollrung fand bei Aussaat von großen Rübenknäueln einen geringeren Grad der Erkrankung. Dritt. Jahresb. d. Versuchsstat. f. Nematodenvertilgung. 1892.

und die Qualität vernachlässige, für die Ausbreitung des Wurzelbrandes verantwortlich[1]). — Die Theorie der Samenbeize wurde von Wimmer, dem Mitarbeiter Hellriegels, weiter ausgebildet und spielt jetzt in der Praxis eine große Rolle (vgl. die Anzeigen der Pflanzenschutzstationen und chem. Fabriken).

Günstig erwies sich auch eine Warm- sowie eine Kaltwasserbeize[2]).

Während Wimmer die Frage betreffs des Einflusses von Witterung und Bodenbeschaffenheit unentschieden läßt, tritt Holdefleiß entschieden dafür ein, daß nicht Parasitismus, sondern Bodenbeschaffenheit den Wurzelbrand veranlasse. Bei den die Krankheit begünstigenden Böden fand er meistens eine reichliche Menge von Eisenoxydul, aber verhältnismäßig wenig Kalk. Dabei war eine Neigung zum Verschlämmen und Verkrusten der Böden unverkennbar, und dementsprechend war auch die Erfahrung, daß nach reichlichem Hacken der Wurzelbrand ausheilte. Daraufhin empfiehlt dieser Forscher außer dem fortdauernden Offenhalten der Rübenböden eine reiche Zufuhr von gebranntem Kalk (12 bis 15 Zentner pro Morgen), der am vorteilhaftesten zu den Vorfrüchten und nicht direkt zu den Rüben gegeben werde. Gute Erfolge einer Zufuhr von 7 Zentnern Ätzkalk pro Morgen sah auch Loges[3]). Als weiteres begünstigendes Moment hebt Hollrung eine niedere Temperatur hervor und gedenkt dabei des Umstandes, daß die Wurzelbranderkrankung niemals über die Erddecke hinaus auf die dem Luftzuge ausgesetzten oberirdischen Achsenteile hinübergreife. Er tritt mit Entschiedenheit dafür ein, daß physikalische und chemische Ursachen, welche bei kalten, luftabschließenden Äckern sich geltend machen, den Wurzelbrand veranlassen.

Die Ansicht, daß die Böden, auf welchen die schwarzen Beine der Rüben sich einstellen, gern verschlämmen und abbinden, wird nach Stifts Mitteilung (a. a. O. 10 und 20) von Marek und Krawczynski bestätigt; man fand in einem solchen Boden 77,25% Feinsand.

Diesen noch von manchen anderen Beobachtern geteilten Anschauungen gegenüber blieb die Parasitentheorie, die in Frank ihren eifrigsten Vorkämpfer fand, bestehen. Frank, der mit Krüger seit 1892 eingehende Versuche ausführte, stellte fest, daß außer dem von Lohde aufgefundenen, bei vielen Erkrankungen von Keimlingspflanzen aus sehr verschiedenen Gattungen vorkommenden *Pythium Debaryanum* und außer der von Eidam erwähnten *Rhizoctonia violacea* es einen spezifischen Rübenpilz, *Phoma Betae* Frank, gäbe, „welcher nicht nur die Herz- und Trockenfäule der erwachsenen, sondern auch den Wurzelbrand der jungen Rüben verursacht“[4]). Die mannigfachen Erfahrungen bei Feldversuchen ließen selbst diesen Forscher jedoch bald erkennen, daß Wetter- und Bodenverhältnisse einen bestimmenden Einfluß ausüben. „Es bleibt dahingestellt, ob dadurch das Pflänzchen für den Pilzbefall empfindlicher wird, oder ob sich dies nicht genügend dadurch erklärt, daß das Wachstum durch das kalte Wasser verlangsamt und das Pflänzchen ungewöhnlich lange in dem Jugendzustand zurückgehalten wird, der an und für sich der krankheitsempfängliche ist, während eine Keimpflanze, die durch Wärme rasch

---

[1]) Blätter für Zuckerrübenbau, 1900, Nr. 17.

[2]) Hollrung in Zeitschr. f. Rübenzuckerindustrie i. D. R., XLVI., Heft 482.

[3]) Loges, Bericht d. Landw. Versuchsstation Posen. 1891.

[4]) Frank, A. B., Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte. Berlin, Paul Parey, 1897, S. 117.

zur Entwicklung gebracht wird, eben dadurch rasch dem empfänglichen Zustand entwächst und der Gefahr schneller entgeht."

In dieser Erklärung kommt nach mehrfachen Modifikationen der ursprünglichen Darstellungen bei Frank der Standpunkt zum Ausdruck, daß außer diesem spezifischen Krankheitserreger, dem *Phoma*, doch noch zum Zustandekommen des Wurzelbrandes ein bestimmtes Empfänglichkeitsstadium des Rübenpflänzchens gehört. Dieser Standpunkt wurde von Sorauer schon früher vertreten, wobei er nachwies, daß Wurzelbrand auch ohne das Vorhandensein des *Phoma* zu finden sei, und daß statt dessen Bakterienvegetation die Krankheitserscheinungen begleite. Die eingehendsten Untersuchungen über die Bakterien des Wurzelbrandes verdanken wir Hiltner und Peters, auf deren Studien wir im folgenden besonders eingehen werden, nachdem wir noch den Standpunkt von Stoklasa skizziert haben. Nach Stifts Mitteilungen (a. a. O. S. 17) bekennt sich auch Stoklasa zu der Tatsache, daß Bakterien den Wurzelbrand der Rüben zu erzeugen vermögen, und er hält dazu folgende Arten für befähigt: *Bacillus subtilis, B. liquefaciens, B. fluorescens liquefaciens, B. mesentericus vulgatus* und *B. mycoides*; letzteren erklärt Linhardt für den wesentlichsten Schädiger. Neuerdings ist auch *Pseudomonas campestris* genannt worden. Die von den vorgenannten Forschern als schädlich bezeichneten Witterungs- und Bodenverhältnisse hält Stoklasa für die Ursachen, welche eine Prädisposition im Rübenpflänzchen erzeugen. Er wendet seine Aufmerksamkeit speziell der Oxalsäure zu, die durch den Lebensprozeß der Pflanze normal gebildet wird und als Kaliumoxalat vorhanden ist. Die giftig wirkenden löslichen Oxalate werden, wenn Kalziumoxyd von den Wurzelhaaren aus dem Boden aufgenommen werden kann, zu dem unlöslichen Kalziumoxalat umgesetzt. Durch diese Unschädlichmachung der Oxalsäure hört die lähmende Wirkung derselben auf den Assimilationsprozeß auf, und die Pflanze gesundet. Wenn viel Salpetersäure im Boden vorhanden oder gar im Überschuß zugeführt wird (starke Chilisalpeterdüngung), tritt allerdings eine Beschleunigung der Entwicklung, aber gleichzeitig auch eine Steigerung des Oxalsäuregehaltes ein. In solchem Falle wird die junge Rübenpflanze, falls sie nicht genügend Kalk aufnehmen kann, disponiert zum Wurzelbrande.

Hiltner und Peters[1]) haben eine Anzahl von Versuchen angestellt und gefunden, daß es Erden gibt, die fast niemals Wurzelbrand aufkommen lassen, und umgekehrt auch solche, bei denen die Krankheit kaum zu vermeiden ist. Sie schließen daraus, daß manche Erden eine gewisse Schutzkraft zu verleihen imstande sind, und erblicken diese schützende Eigenschaft in der Fähigkeit der immunisierenden Erden, die Wurzeln der Rübenpflänzchen in ihren äußeren Zellschichten mit solchen Mikroorganismen zu versehen, welche den Wurzelbrand erzeugenden Pilzen und Bakterien das Eindringen verwehren. Diese Schutzscheide, die Hiltner und Peters schon früher bei Erbsen ebenfalls beobachtet, nennen sie „Bakteriorhiza". Wurde die Bildung dieser Schutzscheide durch Sterilisieren der immunisierenden Erde und Abtöten der schützenden Bodenorganismen verhindert, so konnten die den Wurzelbrand veranlassenden Pilze und Bakterien, falls die Samen nicht

[1]) Hiltner, L., und Peters, L., Untersuchungen über die Keimlingskrankheiten der Zucker- und Runkelrüben. Arb. d. Biolog. Abt. f. Land- u. Forstwirtsch. am Kais. Gesundheitsamt, IV., 1904, S. 207.

vorher gebeizt wurden, auf die junge Keimpflanze übergehen und dieselbe zerstören.

Wie wenig aber die Organismen an sich zu fürchten und wie die Hauptsache für die Erkrankung in den Umständen zu suchen ist, welche die Pflanze erst empfänglich für jene Zerstörer machen, geht am besten aus den eigenen Worten der genannten Verfasser hervor. Sie sagen (a. a. O. S. 249) von dem Resultat ihrer Versuche: „Dieses Ergebnis aber lautet, daß die Entstehung kranker Keime im Keimbett eine ziemlich komplizierte Erscheinung darstellt. Sie ist nicht, wie man bisher fast allgemein angenommen hat, ausschließlich darauf zurückzuführen, daß parasitische Pilze oder Bakterien den Knäulen anhaften und von diesen aus auf die Wurzeln übergehen; denn diese Organismen haben an sich nicht die Fähigkeit, die Rübenwurzeln zur Erkrankung zu bringen. Erst dadurch, daß die Wurzeln durch den Einfluß bestimmter Stoffe, namentlich von Oxalaten, in ihrer Widerstandsfähigkeit geschwächt worden, werden sie sonst harmlosen Parasiten zugänglich."

Nach Hiltners Anschauung werden nun die disponierenden Stoffe oder Zustände durch Zersetzungen der Gewebe an den Samenknäueln entweder auf dem Felde infolge ungünstiger Witterung oder später auf dem Lager durch zu starke Erwärmung erzeugt.

Über die Förderung, welche das Auftreten des Wurzelbrandes dadurch findet, daß die dabei vorzugsweise beteiligten Mikroorganismen (*Phoma* und *Bacillus mycoides*) in ihrer Nährflüssigkeit bestimmte organische Verbindungen vorfinden, berichtet eine Arbeit von Sigmund[1]. Nachdem Verfasser hervorgehoben, daß genannte Parasiten allein die Krankheit nicht zu steigern vermögen, erwähnt er, daß die Zahl der kranken Rübenkeime aber erhöht wird, wenn Glykokoll, Harnsäure, Asparaginsäure, Hippursäure, Leucin usw. sich in den Nährlösungen genannter Mikroorganismen finden und die Rübenknäule in diese Nährlösungen eingequollen werden.

Wir haben bei dieser wichtigen Krankheit zunächst die Anschauungen und Beobachtungsresultate, wie sie im Laufe der Zeit hervorgetreten, einfach registriert, um zu zeigen, wie bei allen Beobachtern trotz ihres ganz verschiedenen Standpunktes doch eine Angabe als roter Faden sich hindurchzieht, nämlich der Einfluß des Bodens[2]. Dieser kommt am schärfsten bei den schweren, abbindenden Böden zum Ausdruck; er kann sich auch bei anderen Äckern einstellen, wenn dieselben durch irgendwelche Umstände verkrusten. Der Faktor, der sich vor allen Dingen unter solchen Verhältnissen geltend machen muß, ist der Sauerstoffmangel. Welche Vorgänge im Boden, im Samen und in der jungen Pflanze dadurch eingeleitet werden, wagen wir vorläufig noch nicht zu präzisieren. Ebensowenig ist ein abschließendes Urteil darüber erlaubt, ob der Wurzelbrand eine Konstitutionskrankheit, also eine zur Gewebezersetzung führende Ablenkung der normalen Lebensfunktionen ist oder ein parasitärer, d. h. ein dasselbe Resultat hervorrufender, aber durch notwendige Mitwirkung

[1]) Sigmund, Wilh., Beiträge zur Kenntnis des Wurzelbrandes der Rübe. Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft, 1905, S. 212.

[2]) Weiteres Material aus praktischen Kreisen findet sich in den Jahresberichten des Sonderausschusses für Pflanzenschutz. Deutsche Landw.-Gesellsch. 1892 bis 1905. Weiter Busse, W., und Peters, A., Über die Verminderung der Rübenerträge durch den Wurzelbrand. Deutsche Landw. Presse, 1907, Nr. 102.

von Mikroorganismen bedingter Vorgang ist. Wenn letzteres zutreffen sollte, was wir für die Mehrzahl der Fälle glauben, so kommt dabei aber die allseitig gefundene Tatsache ausschlaggebend in Betracht, daß diese Organismen, gleichviel ob Myzelpilze oder Bakterien, nur zur zerstörenden Tätigkeit gelangen, wenn die Pflänzchen eine Disposition zur Aufnahme dieser Organismen erlangen. Und diese Disposition ist ein Produkt des Standortes unter bestimmten Witterungsverhältnissen.

Also ist in erster Linie doch immer der Boden die nächste Veranlassung zu einer den Wurzelbrand einleitenden Abwegigkeit des Assimilationsprozesses. Ob diese Ablenkung stets in dem Überschuß freier Oxalsäure zum Ausdruck kommt, und ob das Übermaß der giftig wirkenden Säure dadurch hervorgebracht wird, daß der Pflanzenleib mehr Säure bildet, oder daß bei Sauerstoffmangel weniger davon verbrannt wird, muß späteren Forschungen vorbehalten bleiben. Für unsere Zwecke genügt, zu wissen: die Krankheit ist ein Produkt bindiger Bodenbeschaffenheit unter ungünstigen Witterungsverhältnissen, namentlich bei nassem, kaltem Wetter (wie auch 1923).

Damit kommen wir auf die Angaben der Praktiker zurück, die von Anfang an bis auf die neueste Zeit behaupten, daß in den Bodenverhältnissen die Ursache des Wurzelbrandes liegt.

Indem wir ein Beispiel dieser Äußerungen anführen, gelangen wir zu den sich von selbst ergebenden Bekämpfungsmaßregeln. Briem berichtet über einen Fall aus den Jahren 1904 und 1905[1]). Auf einem klargestürzten Felde bei Prag wurden 1904 bei kalter, feuchter Witterung und langsamem Wachstum die Fabrikrüben massenhaft wurzelbrandig, obgleich bisher dort die Erscheinung selten gewesen war. Auch heilten später die Rüben vollkommen aus. Dasselbe Feld trug im folgenden Jahre nach reicher Kali-, Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung wiederum Fabrikrüben. Infolge der sehr naßkalten Witterung ging die Saat erst nach 14 Tagen (am 24. April) auf. Die Befürchtung, daß bei dem schwächlichen Wachstum infolge der kalten Nächte sich wiederum Wurzelbrand einstellen würde, blieb glücklicherweise unbegründet, und die Anfang Mai eintretenden warmen Tage brachten das erste Blattpaar zu schneller, kräftiger Entfaltung. Als aber am 20. Mai ein heftiger Regenguß das Feld ungemein festgeschlagen hatte und das Wasser nur langsam einziehen konnte, zeigten viele Pflänzchen nach fünf Tagen die Anfänge von Wurzelbrand.

Dieses Beispiel der Folgen des plötzlich eingetretenen Luftabschlusses in der vom Regen festgeschlagenen Erde zeigt, daß in erster Linie das ständige Offenhalten der Bodenoberfläche durch Hacken geboten ist. In zweiter Linie wird die Zufuhr von gebranntem Kalk empfohlen werden müssen, selbst wenn der Boden kalkhaltig ist. Die Wirkung des Kalkes wird nicht immer als Nährstoff in Betracht kommen, sondern als mechanisches Bodenverbesserungsmittel, indem er die Krümelung erhöht. Auch Superphosphat hat gute Erfolge gezeigt[2]). Der Benutzung eines möglichst kräftigen Saatgutes ist in den gefährdeten Äckern erhöhte

[1]) Briem, H., Wurzelbrandentdeckung und kein Ende. Blätter f. Zuckerrübenbau v. 15. Juni 1905.

[2]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., VI. 1896, S. 54 u. 340. Landwirt, 1896, Nr. 15, 17, 21. Jahresbericht d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz, 1902.

Aufmerksamkeit zuzuwenden. Über Samenbeize vgl. Hiltner[1]), Wilfarth und Wimmer[1]).

Statt der Beize erscheint uns das Kandieren des Saatgutes mit kohlensaurem Kalk vorteilhaft.

Die Hauptsache bleibt die Bodenbearbeitung; denn auch das vorsichtigst behandelte, bei den Keimproben tadellos befundene Saatgut kann erkranken. In dieser Beziehung gibt Hiltner in seiner vorerwähnten Arbeit sehr beachtenswerte Winke. Es wird bisher im Handel nach vereinbarter Methode die Güte des Samens nach seinem Verhalten im Keimbett geprüft. Nun zeigt sich, daß die Menge der kranken Keime um so höher steigt, je länger man die Knäule im Keimbett beläßt. Die Versuche ergaben, daß, wenn man z. B. die Keime am neunten Tage dem Sandkeimbett entnahm, man oft mehr als zehnmal soviel kranke feststellen konnte als am sechsten Tage. Dazu kommt, daß, wenn die Knäule dicht beieinander liegen, die gegenseitige Ansteckung beträchtlich ist. Außerdem ist die Zahl der erkrankenden Keime ganz verschieden, je nachdem man sie vorquillt oder nicht, und je nachdem man zum Vorquellen destilliertes oder kalkfreies oder kalkhaltiges Leitungswasser benutzt. Zieht man schließlich in Betracht, daß die Bodenbeschaffenheit ausschlaggebend für das spätere Verhalten der Keime wird, so kommt man zu dem Schluß, daß die jetzt üblichen Methoden der Saatgutbeurteilung keinen Schutz und keinen Maßstab für den Rübensamen gewähren. Um einen Einblick in die Keimfähigkeit des Saatgutes zu erhalten, werden die Rübenknäule in möglichst verschiedenen Keimbetten und nach verschiedenen Methoden geprüft werden müssen[2]). Aber die besten Keimresultate geben in keiner Weise eine Garantie betreffs des Wurzelbrandes. Dieser hängt in seinem Auftreten davon ab, ob die in den vertrockneten Blütenhüllen der Samen vorhandenen Mikroorganismen im Boden Gelegenheit finden, sich derart zu entwickeln, daß sie die jungen Pflänzchen anzugreifen vermögen.

Über die in ihren Ursachen noch strittige Herz- und Trockenfäule der Rüben, die von Krüger und Wimmer[3]) auf Bodenverdichtung zurückgeführt wird, vgl. unten bei Wassermangel.

Der Rückgang des Stärkegehaltes der Kartoffeln[4]).

Bei Besprechung der Nachteile schwerer Böden sei der in praktischen Kreisen neuerdings wiederum stark hervorgetretenen Ansicht gedacht, daß unsere Kartoffeln sich „abbauen", d. h. ihre guten Eigenschaften allmählich verlieren und degenerieren. In der Einleitung S. 48ff. ist der

[1]) Hiltner, L., Mitteil. d. pflanzenphysiolog. Versuchsstat. Tharandt. Sächs. landw. Zeit. 1904, Nr. 16—18. Wilfarth, H., und Wimmer, G., Die Bekämpfung des Wurzelbrandes der Rüben durch Samenbeizung. Zeitschr. d. Vereins d. Deutschen Zuckerindustrie, L. Heft 529.

[2]) Über die Verschiedenartigkeit der Keimung gleichbehandelten Saatgutes in Sand und Erde vgl. außer den beiden oben zitierten Arbeiten von Hiltner in den Arbeiten der Biol. Abt. d. K. Gesundheits-Amts die Mitteilung von Marek im Jahrb. d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., 1892.

[3]) Krüger, W., u. Wimmer, C., Über Herz- und Trockenfäule der Zuckerrüben. Zeitschr. Ver. Deutsch. Zuck.-Ind. LIX, Heft 690.

[4]) Über den Rückgang des Stärkegehaltes usw., bes. durch Kalidüngung, vgl. Kraft, Ad., Der Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel. Arb. d. Forschungsinst. f. Kartoffelbau III, Berlin 1920.

eigentliche Abbau einer Sorte besprochen, der dadurch entsteht, daß bei der üblichen Fortpflanzungsmethode durch Auslegen von Knollen man unausgesetzt ein einmal aus Samen erzogenes Individuum ungeschlechtlich fortpflanzt.

Vielfach liegt indessen die Ursache eines vermeintlichen Abbaues in der Unvorsichtigkeit des Landwirts, Sorten, die auf leichtem Boden entstanden sind, auf schweren Böden zu kultivieren. Wir verweisen in dieser Beziehung auf eine Arbeit von Ehrenberg[1]) über die Ergebnisse fünfzehnjähriger Versuche der „Deutschen Kartoffelkulturstation". Der Durchschnittsertrag von sämtlichen angebauten Sorten erwies sich von 1888 bis 1903 beständig steigend. Bei der „Daberschen" sinken die Erträge nur auf schwerem Boden, was erklärlich wird, da in Daber selbst ein leichter trockener Sandboden vorherrscht. Wurde neubezogenes Saatgut davon in schweren bindigen Boden gebracht, lieferte dasselbe bessere Erträge als die seit langem dort kultivierte Form. Dasselbe neue Saatgut aber auf Sandboden gebracht, ergab meist ein minder gutes Resultat der eingebürgerten Rasse gegenüber. Wir finden in diesen Versuchen den Hinweis, daß neu eingeführtes Saatgut zunächst den Charakter seines bisherigen Anzuchtsortes beibehält. Wenn also ein schwerer Boden den Stärkegehalt herabdrückt, so geschieht dies bei neuem Saatgut nicht gleich im ersten Jahre, und deshalb ist dasselbe stärkereicher als die einheimische Frucht. Auf Sandboden aber hatte man eine Rasse gezüchtet, die den für die Verhältnisse möglichen reichsten Stärkegehalt besaß; die Neueinführungen mit ihren mitgebrachten Eigenschaften aber hatten sich diesen Verhältnissen noch nicht genügend angepaßt, gaben also eine geringere Ausbeute. Ein Rückgang wird somit nur dort stattfinden, wo eine Sorte nicht die von ihr beanspruchten Kulturverhältnisse findet. Das allmähliche Schlechterwerden gewisser Kartoffelsorten in schwerem Boden, welches nicht mit den obengenannten Alterserscheinungen vermengt werden darf, kommt nach zahlreichen auch von uns angestellten Beobachtungen und Versuchen durch den Mangel an Sauerstoff zustande. Wie beim Schorf der Kartoffel (vgl. bei Nährstoffüberschuß), sind die Lenticellen krankhaft vergrößert, und namentlich ist der Stärkegehalt der im Durchschnitt wässerig erscheinenden Kartoffel geringer, und neben wenigen großen erscheinen zahlreiche kleine Kartoffeln; die großen liegen zum großen Teile so oberflächlich, daß sie einseitig ergrünen. Die Erscheinung steigert sich naturgemäß von Generation zu Generation, hört aber, wie wir uns selbst überzeugen konnten, sofort auf, sobald man die Knollen im folgenden Jahre in luftreichen, lockeren Erdboden bringt. Die zusammenfallenden Schorfflecken geben ganz ähnliche Bilder wie die a. a. O. geschilderten, nur sind sie meist schärfer abgegrenzt, wenn sich bei luftiger Lagerung Wundkork gebildet hat; nach besonders feuchten Jahren sind beide Erscheinungen äußerst ähnlich und später kaum mehr zu unterscheiden.

Die Empfindlichkeit der Süßkirschen.

Die Klagen in einzelnen Gegenden, daß die Süßkirschen alljährlich zunehmende Beschädigungen durch Frost, Gummifluß, Pilzbefall usw. erleiden, beruhen vielfach auf Nichtbeachtung des Umstandes, daß die

[1]) Ehrenberg, P., Der Abbau der Kartoffeln. Landw. Jahrb. XXXIII (1904), S. 859, Taf. XXII—XXV; vgl. Zentralbl. für Agrikulturchemie, 1905, S. 235.

meisten Sorten dieser Kirsche keinen schweren und namentlich keinen luftarmen Boden lieben. Dies ist von Ewert[1]) besonders hervorgehoben worden und verdient den Obstzüchtern immer wieder vor Augen geführt zu werden.

Natürlich sind auch hier einzelne Kultursorten befähigt, sich schwereren Böden mehr anzupassen, aber im allgemeinen gilt die Regel, daß die Süßkirsche einen leichten tiefgründigen Boden gern hat und auf diluvialen Sanden und Lößböden besonders gut gedeiht. Der Nährstoffreichtum des Bodens ist weit weniger ausschlaggebend als die physikalische Bodenbeschaffenheit, und zwar besonders die Körnung.

Vielfach wird Kalkmangel als Ursache des schlechten Gedeihens angegeben, und wir erzielen auch Heilungserfolge durch Kalkzufuhr. Die Verbesserung im Wachstum der Bäume ist aber dabei nicht immer auf die Wirkung des Kalkes als Nährstoff zurückzuführen, sondern auf die dadurch erzielte Veränderung der physikalischen Bodenverhältnisse, nämlich auf die größere Krümelung und dadurch gesteigerte Durchlüftbarkeit. Betreffs des Kalkes als Nährstoff erhalten wir durch die Ewertschen Angaben einen Einblick. Demnach gedeiht die Süßkirsche noch bei einem Kalkgehalt von 0,05—0,15%. Boden mit etwa 80% abschlämmbaren Teilen ist selbst bei 40—45% $CaCO_3$ für Kirschenkultur nicht geeignet, wenn der Kalk hauptsächlich in abschlämmbarer Feinheit vorhanden ist. Gegen Grundwasser ist die Kirsche sehr empfindlich, und ihr Anbau rentiert am besten auf trockenen Böden in freien Lagen.

Die Brusone-Krankheit des Reises.

Die durch das Auftreten rostfarbiger Flecke auf den Blättern nebst Schwärzung und Erschlaffung der Halme sich kenntlich machende allgemein gefürchtete Brusone-Krankheit ist, seitdem 1874 Garovaglio die Untersuchungen begonnen hatte, vielfach der Gegenstand eifriger Studien gewesen. Die Mehrzahl der Forscher sprach die Erscheinung als parasitär an. Teils glaubte man, Bakterien als Ursache annehmen zu müssen, teils machte man verschiedene Myzelpilze, unter denen *Piricularia Oryzae* Br. et Cav. besonders oft genannt wurde, für die Krankheit verantwortlich.

Später hat aber Brizi[2]) vergleichende Kulturversuche angestellt, aus denen hervorgeht, daß ein Luftabschluß von den Wurzeln bei hohen Temperaturen in Wasserkulturen zur Erkrankung der Pflanzen unter den Erscheinungen der Brusone-Krankheit führt. Mit diesen Versuchsergebnissen stimmen die Erfahrungen, die man in Italien und Japan gemacht hat, sehr gut überein. Es ist nämlich beobachtet worden, daß die Brusone-Krankheit dann einzutreten pflegt, wenn hohe Erwärmung kompakter, wenig durchlässiger Böden und schneller Temperaturwechsel sich einstellen. Es folgt dann ein Wurzelsiechtum, das eine Halmerkrankung nach sich zieht; erst später siedeln sich auf den erkrankten Teilen parasitäre Organismen an.

Wir halten die Experimente Brizis für ausschlaggebend und glauben, daß ein Ersticken der Wurzeln bei hohen Temperaturen, welche die Blatttätigkeit hochgradig steigern, den ersten Anstoß zur Erkrankung darstellt.

---

[1]) Ewert, Das Gedeihen der Süßkirschen auf einigen in Oberschlesien häufigen Bodenarten. Landw. Jahrb. XXXI (1902), S. 129.

[2]) Brizi, U., Ricerche sulla malattia del riso detta Brusone. Ann. Istituto agrar. Ponti. 1905, Milano; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1906.

Erkrankung der Gladiolen (*G. Gandavensis*).

Auf Sauerstoffmangel im Boden ist eine Krankheitserscheinung zurückzuführen, die in Gladiolenkulturen auf schweren Böden oder Grundstücken mit leichterer Bodenart, aber hohem Grundwasserstande in feuchten Jahren nicht selten ist. Die Krankheit äußert sich in einem oft plötzlichen Absterben der Pflanzen zur Zeit, in der der Blütenstand bereits entwickelt ist. Zunächst erscheinen (anfangs nur bei durchfallendem Lichte bemerkbar) die unteren Blätter gelb marmoriert. Der Chlorophyllkörper zerfällt und läßt ölartig aussehende gelbe Tropfen zurück. Während dieser Vorgang in den oberirdischen Teilen der Blätter streifenweise zwischen den Rippen fortschreitet, zeigen sich an den in der Erde befindlichen Blattbasen braune, eingesunkene Stellen, die eine gänzliche Zersetzung des Blattparenchyms einleiten. Eigentliche Erweichung tritt nicht ein, sondern die Zersetzung stellt einen Humifikationsvorgang dar; in den humusartig sauer riechenden Geweben finden sich stets Bakterien, häufig auch Myzelpilze, Anguillen, Milben usw. Die oberirdischen Blatteile trocknen schnell ab und bedecken sich mit schwarzen Tupfen von *Cladosporium* und *Alternaria*.

Trotz des Reichtums an parasitären Organismen ist die Erkrankung doch nicht als parasitär zu bezeichnen, da die ersten Anfangsstadien, nämlich die Braunfärbung der Gefäße und des dicht anstoßenden Parenchyms, mitten in einem gesunden Gewebe ohne Mitwirkung von Organismen entstehen. Später füllt sich meist eine Anzahl der Gefäßröhren mit einer trüben, braunen, gummiartig fest werdenden Masse. Letztere Erscheinung ist auch bei anderen Gewächsen, deren Wurzeln durch anhaltende Bodennässe und den dadurch künstlich hervorgerufenen Sauerstoffmangel beschädigt waren, beobachtet worden.

Tropenkulturen in zu schwerem Boden.

Ähnlich wie in den gemäßigten Klimaten, handelt es sich bei den Schädigungen tropischer Kulturen vielfach um Erscheinungen des Sauerstoffmangels, den schwere oder bei der Kultur sich verdichtende Böden zutage treten lassen[1]). Manche Pflanzen der Tropen sind in der Lage, Hilfsorgane bei Sauerstoffnot zu entwickeln. Ähnlich den Adventivwurzeln aus den Stammorganen verschütteter oder verschlämmter Bäume, können manche Palmen (so *Phoenix*, *Kentia*, *Chamaerops* usw.) senkrecht aus der Erde hervorwachsende Wurzelzweige entwickeln, die eine eigenartige Atmungsvorrichtung (Pneumathoden) besitzen; diese erscheint als ein mehliger Überzug, der von der Spitze der Wurzel aus sich auf eine gewisse Strecke abwärts zieht. Die mehlige Beschaffenheit entsteht durch Vermehrung, Vergrößerung und Lockerung der äußeren Lagen der Wurzelrinde unter Sprengung der Epidermis und fast gänzlichem Fortfall des Sclerenchymringes.

Jost[2]) stellte experimentell bei *Phoenix* fest, daß diese Pneumathoden im Boden verbleiben, wenn derselbe gut durchlüftet wird; dagegen erheben

---

[1]) Fesca, Der Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. Berlin, Süsserott. Bd. I, 1904. Vgl. auch „Der Pflanzer", Ratgeber für tropische Landwirtschaft unter Mitwirkung des Biologisch-Landwirtschaftlichen Institutes Amani, herausgegeben durch die Usambara-Post, 1905. Mitteilungen des Biol.-Landw. Inst. Amani.

[2]) Jost, Ein Beitrag zur Kenntnis der Atmungsorgane der Pflanzen. Bot. Zeit. 1887. Nr. 37.

sie sich über die Topfoberfläche, wenn der Topf unter Wasser gesenkt wird. Ähnliche Einrichtungen wurden auch bei *Pandanus*, *Saccharum* und *Cyperus* gefunden.

Die Wurzelfäule des Zuckerrohrs.

Unter den zahlreichen Krankheiten des Zuckerrohrs spielt die Wurzelfäule eine hervorragende Rolle. Auf Java gilt sie als der schlimmste Feind der Zuckerrohrkultur. Es hat natürlich nicht daran gefehlt, die auf kranken Wurzeln sich ansiedelnden Mikroorganismen (*Verticillium [Hypocrea] Sacchari*, *Cladosporium Javanicum* Wakker, *Allantospora radicicola* Wakker, *Pythium* usw.) als Ursache heranzuziehen; indes haben die Untersuchungen von Kamerling[1]) die schon früher von ihm und Suringar[2]) ausgesprochene Vermutung, daß es sich um eine Konstitutionskrankheit infolge von Bodenverdichtung handle, nunmehr außer Zweifel gesetzt. Schon Raciborski hat erwiesen, daß durch Verpflanzen des Zuckerrohrs, das an dieser als Dongkellanziekte bekannten Wurzelkrankheit litt, in ein anderes Erdreich die Pflanzen gesund wurden. Die Krankheit tritt vorzugsweise auf schweren Tonböden auf und zeigt sich auf Java in einem akuten Absterben der Pflanzen bei Beginn des Ostmonsuns, nachdem dieselben schon lange vorher eine abnorme Verzweigung des Wurzelkörpers und Verkümmerung der Wurzelhaare haben erkennen lassen. Verfasser untersuchte die Böden, auf denen die Krankheit sich einstellte, und fand, daß die Krümelstruktur des Bodens gering war und derselbe sich leicht schloß. Die Durchlässigkeit der Böden kann durch Humuszufuhr verbessert werden, weil Humus ebenso wie Ferrihydroxyd oder ferrireiche Silikate die Krümelbildung begünstigen. Da sich der Humus durch Oxydation allmählich verliert, so ist durch erneute Zufuhr von Stallmist, Reisstroh oder Gründüngung dafür zu sorgen, daß die Bodenlockerheit erhalten bleibt.

Nach den Studien von Wakker[3]) scheinen auch manche Blattfleckenkrankheiten entweder direkt von Bodennässe erzeugt oder (bei parasitärer Natur) doch durch die Nässe begünstigt zu werden. Der Verfasser fand in der Umgegend von Malang eine „gelbe Streifenkrankheit“, „Rost“, „Ringfleckenkrankheit“ sowie die rote und gelbe Fleckenkrankheit. Während er die erstgenannten für parasitäre, durch die Nässe begünstigte Erscheinungen ansicht, erklärt er die gelbe Fleckenkrankheit, bei der die Blätter etwas langgezogene, miteinander verschmelzende, grüngelbe Flecke erhalten, für eine erbliche Konstitutionskrankheit.

Krankheiten der Baumwolle.

Die Mehrzahl der Baumwollkrankheiten ist zur Zeit unter den parasitären Erscheinungen zu suchen. Ob dies immer so bleiben wird, bezweifelt Sorauer (3. Aufl. S. 229). Mit der Überzeugung, daß viele der gefundenen Mikroorganismen als Schwächeparasiten anzusehen sind, muß natürlich der erst existierende Faktor als ausschlaggebend betrachtet

[1]) Kamerling, Z., Verslag van het Wortelrot-Oenderzoeck. Soerabaia, 1903, 209 S. mit 19 Tafeln.

[2]) Kamerling, Z., en Suringar, H., Oenderzoekingen over onvoldoenden groei en ontijdig Afsterven van het riet als gevolg van wortelziekten. Mededeelingen van het Proefstation vor Suikerriet en West-Java, Nr. 48; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkr., 1901, S. 274, und 1904, S. 88.

[3]) Wakker, J. H., De Bladziekten te Malang. Archiev voor de Java-Suikerindustrie, 1893, Aflevering 1.

werden, nämlich die die Schwächung veranlassende Störung, welche erst die Möglichkeit für die Pilzansiedlung bietet. Und diese wird in erster Linie in den Witterungs- und Bodenverhältnissen gesucht werden müssen.

Beispiele von Krankheiten, bei denen der Boden allein bei der nassen Jahreszeit als Ursache angesehen wird, werden aus Ostafrika durch Vosseler[1]) gemeldet. Im Jahre 1904 trat im Bezirk Kelwa eine „Stengelbräune" auf, welche der dortigen Gegend mehr als alle bis dahin aufgetretenen Krankheiten Schaden zugefügt hat. Es entstehen braunschwarze Rindenflecke am Hauptsproß; infolgedessen erfolgt ein Absterben des oberen Teils sowie der oberen Nebensprossen. Die Krankheit erschien aber nur auf sogenanntem sauren Boden.

Eine zweite, längs der ganzen Küste verheerend auftretende Erscheinung war die Blattrotfleckenkrankheit. Die Blätter bekommen einen blassen, mit zackiger Grenze scharf gegen die Innenfläche abstechenden Rand. Dann erhält das ganze Blatt erst dunkelrote Flecke oder gleichmäßige rote Färbung, womit oft eine Verkrümmung der Blattfläche verbunden ist. Das Verschwinden des Übels bei eintretender Trockenheit deutet darauf hin, daß bei der herrschenden nassen Witterung der Boden die Baumwollkultur ungünstig beeinflußt hatte.

Vosseler scheint auch zu vermuten, daß die gefürchtete „Welkkrankheit" (*Wilt disease*) zu den klimatischen Krankheiten zu ziehen sei, und weist darauf hin, daß durch Anzucht von Pflanzen aus Samen gesunder Stöcke in erkrankten Feldern widerstandsfähigere Rassen erzogen werden könnten. Nach Schellmann[2]) verträgt die Baumwolle keine steifen Tonböden und keine sauren Humusböden.

Ricinus.

Obgleich *Ricinus* in der subtropischen und selbst in der gemäßigten Zone noch gedeiht, kommt derselbe nach Zimmermann[3]) doch als Kulturpflanze betreffs Gewinnung ölreicher Samen nur für die Tropen in Betracht, wo er von der Meeresküste bis zu einer Höhe von etwa 1600 m wächst. Ausschlaggebend ist für *Ricinus* allerdings ein reicher Nährstoffvorrat, da er sehr starke Ansprüche an den Boden stellt. Demnächst verlangt die Pflanze große Wassermengen, solange sie sich in der vegetativen Periode befindet. Später aber spricht die physikalische Bodenbeschaffenheit mit, indem alle Böden, die nicht dräniert sind und dauernd feucht bleiben, die Kultur nicht gedeihen lassen. Diese Beobachtungen in den Tropen stimmen mit den Erfahrungen, die wir bei der Kultur von *Ricinus* als Zierpflanze machen, überein. Zur reichen Entfaltung kommen die Pflanzen nur, wenn sie einen großen Bodenraum und lockere, nährstoffreiche Erde zur Verfügung haben.

Tabak.

Ein sehr lehrreiches Beispiel über den ausschlaggebenden Einfluß des Bodens liefern die Beobachtungen von Hunger[4]) über die Entwicklung

[1]) Vosseler, Zwei Baumwollkrankheiten. Immune Baumwollsorten. Mitteil. Biolog. Landwirtsch. Institut Amani, 1904, Nr. 32.

[2]) Der Pflanzer, Usambara-Post 1905, Nr. 1. Daselbst auch die ältere Literatur.

[3]) Zimmermann, A., Die Ricinus-Kultur. Der Pflanzer, Usambara-Post.

[4]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., XV., 1905, Heft 5. Hunger hat als Botaniker der Versuchsstation für Deli-Tabak (VIII. Abt. d. Bot. Gartens zu Buitenzorg) das umfassendste Beobachtungsmaterial zur Verfügung gehabt.

des Deli-Tabaks und sein verschiedenartiges Verhalten gegenüber der „Mosaikkrankheit“, über welche in dem Abschnitt über die enzymatischen Krankheiten ausführlicher berichtet werden soll.

Ein Boden aus weißem Klei, sagt Hunger, der viel Sand beigemengt enthält, ist bei günstigen Niederschlagsverhältnissen der beste für dünnblätterigen Tabak, aber zugleich auch für das reichliche Auftreten der Mosaikkrankheit in der Form des sogenannten „Kopfbunt“. Hier macht die Pflanze den Eindruck des „Überwachsens“: lange Internodien, gelbgrünes Laub, nach dem Köpfen zahlreiche Seitensprossen, welche sämtlich erkranken.

Fehlt dem Kleiboden jedoch der Sand, und wird er lehmartig, dann wird er für die Tabakkultur unbrauchbar. Der Wurzelkörper der Pflanze ist gering entwickelt und häufig verkrümmt; die Blätter zeigen unrichtige Längenverhältnisse und besitzen geringe Qualität. Die Mosaikkrankheit tritt hier schon ein bis zwei Wochen nach dem Verpflanzen auf. Die roten Verwitterungsböden von Ober-Langkat sind ziemlich fest; die Pflanzen sind hier gedrungen; die dicht übereinanderstehenden Blätter sind nicht besonders dünn, und die Mosaikkrankheit kommt wenig vor; sie erscheint nur ausnahmsweise auf dem nach dem Köpfen nur spärlich entwickelten Trieben.

Auf den schwarzen humusreichen Böden zeigt der Tabak eine enorme, wohlproportionierte Entwicklung; die sehr großen Blätter sind dunkelgrün und dünn. Mosaikkrankheit häufig.

Auf dem torfähnlichen, porösen, mit großer Wasserkapazität versehenen Paja-Boden tritt die Mosaikkrankheit fast gar nicht auf. Die enormen Blätter welken fast niemals in dem wasserhaltenden Boden, sind aber sehr dick und ölreich, werden bei dem Fermentieren immer dunkelfarbig und sind daher nicht sehr preiswert. Auf neuem Paja-Boden kann man auch durch Köpfen keine Mosaikkrankheit hervorrufen.

Kaffee.

Der am meisten Beachtung verdienende Baum unserer Tropenkultur, der Kaffee, ist besonders empfindlich gegen extreme Bodenbeschaffenheit. Obgleich ihm Trockenperioden nicht zusagen und er am liebsten in einem Erdreich steht, das auch zu Zeiten der Dürre sich frisch erhält, so verträgt er doch Trockenheit noch besser wie Bodennässe. Wenn der Boden während der Regenzeit nur wenige Tage versumpft, soll der Kaffee unrettbar dem Tode verfallen. Hinreichende Wasserkapazität des Erdreichs, verbunden mit reichlicher Durchlüftung, sind somit Hampterfordernisse. Ein frisch gerodeter Waldboden wird als besonders günstig für die Kaffeekultur bezeichnet. Wahrscheinlich sind der schwarze Rost (swarte roest) und die Krebskrankheiten (Natalkrebs und Javakrebs, Djamoer oepas) mit ihren Kambium-Erkrankungen physiologische Störungen, die durch unpassende Boden- und Witterungsverhältnisse eingeleitet werden und spätere Pilzansiedlungen zur Folge haben. Gegen undurchlässigen Boden soll der Liberiakaffee nicht so empfindlich wie der arabische sein und noch dort gedeihen, wo der letztere versagt[1]).

Die als „Blorokziekte von Zimmermann[2]) beschriebene Blattkrankheit scheint nach Sorauer auch hierher zu gehören. Die Blätter

[1]) Delacroix, G., Les maladies et les ennemis des caféiers. 2. édit. Paris, Chalamel, 1900, S. 8. — [2]) Teysmannia 1901, S. 419.

bekommen wolkige, gelbe Flecke, an denen die Oberhaut später einsinkt und der Zellinhalt sich bräunt. Die Bäume auf Java werden zwar nicht davon getötet, aber in ihrer Fruchtbarkeit außerordentlich herabgedrückt. Als eine Folge übermäßiger Wasserzufuhr betrachtet Zimmermann[1]) die bei *Coffea Liberica* selten, bei *C. Arabica* häufiger auftretenden sogenannten „Sternchen", d. h. vorzeitig sich öffnende, noch nicht vollkommen entwickelte und daher unfruchtbar bleibende Blüten. Die Erscheinung ist nicht mit der unter gleicher Bezeichnung gehenden Schwarzfärbung der Blütenknospen, die schließlich ungeöffnet abfallen, zu verwechseln. Verschiedene Arten von Wurzelschimmel sind beschrieben und als Ursache von Wurzelfäule angesprochen worden[2]); Sorauer glaubt, daß man auch hier zu studieren haben wird, ob diese parasitären Pilzformen nicht erst dann schädlich eingreifen, wenn die Wurzeln bereits durch ungünstige Ernährungsverhältnisse geschädigt worden sind.

Kakao und Tee.

Betreffs des Kakaobaumes sagt Fesca: „Extreme Bodenarten, sowohl magerer Sand wie zäher Ton, sagen dem Kakaobaume nicht zu. Hinsichtlich Tiefgründigkeit, Frische, ohne an Grundwasser zu leiden, sowie an Humus- und Nährstoffgehalt stellt derselbe noch höhere Ansprüche als der Kaffee. Über den Tee äußert sich derselbe Autor, der in Japan selbst gute Teeböden analysiert hat, daß er im gesetzteren Zustande derselben 30—40% Wasser bei kapillarer Sättigung gefunden habe. Der Tee verlangt einen hinreichend tiefgründigen Boden, der frei von stagnierendem Grundwasser ist; gegen letzteres ist er sehr empfindlich. Auch hier wird ein noch nicht näher bekannter Pilz als Ursache einer Wurzelkrankheit beschrieben; er soll, besonders auf nassem Boden, ein frühes Absterben der Sträucher zur Folge haben; jedoch versichert Fesca[3]), daß die Krankheit auf gut durchlüfteten Böden von ihm niemals gesehen worden sei. Auf unzusagenden Standort will Sorauer auch die von Zimmermann[4]) beschriebene Erkrankung junger Teepflanzen zurückführen, obwohl ein mit gelappten Haustorien versehenes Myzel in den Krankheitsherden beobachtet worden ist. Die Blätter erschlaffen und werden mißfarbig; der Stengel bräunt sich an der Basis oder an höheren Stellen, während das Wurzelwerk gesund erscheint. Manchmal zeigen nur die Blätter, namentlich am Hauptnerv, braune Flecke. Die an den kranken Stengelteilen zur Entwicklung gelangten Pilze (Nectrieen) konnten bei Impfversuchen die Krankheit nicht hervorrufen. Bei trockener Witterung ließ die Krankheit bedeutend nach. Auch das Verpflanzen der Keimlinge von den dichten Saatbeeten führte zu einem Stillstand der Krankheitserscheinungen.

Anderweitige Tropenkulturen.

Von den Getreidegräsern ist es zunächst der Mais, der einen tiefgründigen, mürben, von Grundwasser freien Boden verlangt und zähen Ton nicht verträgt. Ebenso verhält sich *Sorghum*, das noch empfindlicher

[1]) Eenige Pathologische en Physiologische Waarnemingen over Koffie. Mededeelingen uit S'Lands Plantentuin. LXVII.

[2]) Bolletim del Instituto Fisico-Geographico de Costa Rica, 1901.

[3]) A. a. O. S. 273.

[4]) Zimmermann, Untersuchungen über tropische Pflanzenkrankheiten. Sonderberichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika, II, Heft 1, 1904.

gegen kalte Nässe ist als der Mais und wegen seiner tiefen Bewurzelung sehr widerstandsfähig gegen Dürre sich zeigt. Daher der Anbau in der tropischen und subtropischen Steppe. Ganz ungeeignet für feste Böden, vorzüglich aber in lockeren Bodenarten an dürren Örtlichkeiten ist die Pinselhirse (*Pennisetum spicatum*). Die anderen Hirsearten verhalten sich ähnlich.

Solche Leguminosen, die wegen ihrer kurzen Vegetationsdauer zum Anbau als Nachfrucht sich besonders eignen, dürften für die Tropen und Subtropen nicht nur als Stickstoffsammler und als ausgezeichnetes Nährmaterial große Bedeutung beanspruchen, sondern auch wertvoll werden durch ihre geschlossene, vor Verhärtung schützende Bodenbeschattung und als lockernde Gründüngungspflanzen. Ein gutes Gedeihen zeigen die Pflanzen in trockenen Böden, und demgemäß werden ihnen in Gegenden mit reichen Niederschlägen schwere Böden verderblich. Eingehendere Studien über Sorghum-Krankheiten und ihre Beziehungen zu Witterungsverhältnissen hat Busse geliefert[1]).

Von den Knollengewächsen beansprucht die Batate etwa dieselben Kulturbedingungen wie bei uns die Kartoffel. Auch die Cassaven (Manniok) verlangen tiefgründigen, losen, trockenen, aber humusreichen Boden. Die Feuchtigkeit liebenden Arrowroot liefernden Maranta-Arten beanspruchen ebenfalls Lockerheit des Bodens; daher erweist sich jungfräulicher Boden wegen seiner Festigkeit wenig geeignet. Selbst Taro, die Knollen der verschiedenen *Colocasia*-Arten, welche sehr viel Feuchtigkeit beanspruchen, gedeihen doch nur gut, wenn der Boden durchlässig ist. Dasselbe gilt für die Yamswurzel, die von verschiedenen Arten der Gattung *Dioscorea* gewonnen wird. Betreffs der Mohnkultur und Opiumgewinnung sei auf die Arbeit von K. Braun[2]) und bezüglich der Kautschukpflanzen, und zwar speziell des Lianen-, Wurzel- und Kräuterkautschuks, auf die Studien von Zimmermann[3]) verwiesen.

5. Nachträgliche Bodenverdichtung, Versumpfen usw.

Ungenügende Lockerung.

In der ersten Abteilung dieses Kapitels ist darauf hingewiesen worden, wie ungeheuer verschieden sich dieselbe Bodenart je nach der Lagerung resp. Krümelung der einzelnen Teile erhalten kann (S. 91), dann aber auch, wie durch mangelnde Pflege des Bodens eine allmähliche Verdichtung der Oberfläche eintreten kann. Besonders charakteristisch und häufig zu finden ist der Vorgang, der S. 101 beschrieben wurde, wo in Obstgärten und Obstplantagen infolge der allmählich stärker werdenden Beschattung des Bodens die Unterkulturen nicht mehr lohnen und infolgedessen aufgegeben werden, d. h., daß von da ab dann die regelmäßige Lockerung der Oberfläche unterbleibt. Der zur Atmung nötige Sauerstoff dringt immer weniger tief, und bei den tiefsten Wurzeln beginnend, fehlt allmählich dem ganzen Wurzelkörper die nötige Atemluft. Die dort eintretenden Verhältnisse sind naturgemäß ganz ähnliche, wie sie beim Zutiefpflanzen (S. 130ff.) resp. bei der Einschüttung zustande kommen, nur daß

[1]) Busse, Walter, Untersuchungen über die Krankheiten der Sorghum-Hirse. Arb. d. Biolog. Abt. f. Land- u. Forstwirtschaft am Kais. Gesundheitsamte, IV, Heft 4, 1904.
[2]) Der Pflanzer, 1905, Nr. 11, 12.
[3]) Daselbst 1905, Nr. 8—10.

sie eben langsam und nicht plötzlich zur Wirkung kommen, und daß der Stammgrund selbst nicht in Mitleidenschaft gezogen wird.

Das äußere Bild, welches sich dabei ergibt, ist helles bis gelbliches Laub mit schwächlichen Trieben, lange, mit schlechten Basalaugen versehene Holztriebe, Unfruchtbarkeit, Absterben der Zweigspitzen horizontaler oder überhängender Äste, moosige Stämme, Neigung zu Wasserreisbildung usw. Weitere Erscheinungen werden von Ehrenfels[1]) und Duhamel[2]) angegeben. Ersterer beobachtete kleine Knoten an den Wurzeln, die, aus wirr durcheinander laufenden Fasern gebildet, einen viel lockereren Bau als die gewöhnliche Wurzel zeigten und viel Feuchtigkeit enthielten. Duhamel sah die frischen und grünen Blätter sich vom Baum lösen, die Früchte vor der Reife faulen, die Triebe unreif bleiben und im Winter zugrunde gehen.

Je älter die betreffenden Bäume sind, um so charakteristischer ist meist das Krankheitsbild. Auf der oberen Fläche der seitlich überhängenden Äste, an denen das kurze Tragholz eintrocknet, oft von Flechten überzogen, oder gar schon die ganzen Spitzen trocken sind, entstehen die dünnen rutenförmigen Wasserreiser, die nur an der Spitze gute Augen haben, dort im nächsten Frühjahr austreiben und nun, da sie das Gewicht der neuen Zweige nicht tragen können, übersinken. Solch ein Baum (namentlich bei Birnbäumen ist dies sehr auffällig) macht schon von weitem einen wirren, krankhaften Eindruck.

Meyen[3]) führt diese Krankheitserscheinungen als Wassersucht (Hydrops) auf. Die älteren Autoren nennen diese Erscheinung „stille Übel“, Erstickung, Koldtyr af Quaelelse[4]) (Brand durch Erstickung) usw., und unter diesen Schlagworten ist die Krankheit heute noch beim Landvolk bekannt, ohne daß man sich natürlich die Ursachen klarmacht. Noch jetzt kann man auf dem Lande vielfach die Überzeugung hören, daß die unerklärlichen „stillen Übel“ an den vordem reichlich tragenden Bäumen nur durch Verhexen, Besprechen oder so etwas zustande gekommen sein können.

Immer ist in Verbindung mit diesen Erscheinungen eine partielle Wurzelfäulnis besonders in der Tiefe zu beobachten und das charakterisiert diese Störungen. Die ganze Arbeit der Nahrungsaufnahme kann schließlich nur von den oberflächlich streichenden Wurzeln übernommen werden, die nun ihrerseits selbstredend sehr von der augenblicklichen Witterung, von den Trocken- und Feuchtigkeitsperioden abhängig werden.

In manchen Fällen können starke Regen und das Zusammenströmen von Schlamm zur Krustenbildung der Krume führen; in wieder anderen Fällen kann durch Überschwemmungen eine oft eisenschüssige Schicht verkitteten Sandes sich in bestimmter Tiefe einfinden.

Wasserreiser.

Man versteht unter Wasserreisern, Wasserloden oder Räubern mit langen Internodien versehene, senkrecht aufwärtsstrebende rutenförmige

[1]) v. Ehrenfels, Über die Krankheiten und Verletzungen der Frucht- und Gartenbäume. Breslau 1795, S. 75.

[2]) Duhamel du Monceau, La physique des arbres, II. (1758), S. 339.

[3]) Pflanzenpathologie, 1841, S. 323.

[4]) Fabricius, Forsog til en Afhandling om Planternes Sygdomme. Kjöbenh. 1774. vgl. Seetzen, Göttinger Dissertation, 1789.

Laubtriebe, die aus alten Ästen oder Stämmen entspringen. Da die Räuber in die Mitte der Krone hineinwachsen, so erzeugen sie gerade an denjenigen Stellen Holz, und zwar unfruchtbares Holz, die man möglichst astfrei haben möchte, damit genügend Licht und Luft dem Innern der Baumkrone zuteil werden könne. Räuber zu entfernen, wird aber nicht ratsam erscheinen, wenn die Ursache dieser Bildungen nicht gleichzeitig gehoben wird. Durch die beschränkte Nahrungsaufnahme erzeugt der Baum kurze Triebe, kleinere Blätter, trägt aber dabei oft noch Früchte. In einem warmen und feuchten Frühjahr, in welchem alle Bäume starke Laubtriebe machen, erscheint die Energie des geschwächten Baumes durchdie günstigen Vegetationsbedingungen ebenfalls gesteigert. Der starke Wasserauftrieb veranlaßt Adventivknospenbildung oder reizt schlafende Augen, und zwar solche, die nicht allzuweit von der Mittellinie des Stammes entfernt sind; denn der Wasserauftrieb und damit die Ernährung ist in der senkrechten Richtung viel energischer als in der geneigten Lage. Mit der Ausbildung von Wasserschossen richtet sich allmählich eine immer größer werdende Ungleichheit in der Ernährung auf Kosten der älteren horizontaleren Zweige ein, welche nun Mangel leiden. Daraus erklärt sich das bei dem Auftreten der Wasserloden beginnende Absterben der Zweigspitzen älterer Seitenäste. Ein Teil des Baumes verhungert bei üppigerer Entfaltung eines anderen Teiles.

Nicht zu verwechseln mit der durch Bodenverdichtung entstehenden Wasserreiserbildung ist der Fall wo solche Wasserschosse durch unmäßiges Zurückschneiden der Baumkronen oder plötzliches Ausputzen der Stämme hervorgelockt worden sind. Namentlich in Baumalleen, an Straßen mit Telegraphenleitungen, in Baumpflanzungen, durch welche eine Straße oder Eisenbahnlinie hindurchgezogen worden ist, zeigt sich auf den dem Verkehrswege zugewandten Baumseiten sehr häufig eine starke Entwicklung von Räubern.

In solchen Fällen wurden starke Äste an der Straßenseite oft einfach abgehauen. Da der Wurzelapparat unbehelligt bleibt, so pumpt derselbe bei beginnender Vegetationszeit ebensoviel Wasser in die Höhe wie vor der Verminderung der Baumkrone. Durch die Fortnahme der Äste ist aber ein kleinerer Verbrauchsherd geschaffen, und infolgedessen werden schlafende Augen geweckt und so zu schlanken Trieben ausgebildet, daß dieselben zu Wasserschossen werden, deren Seitenaugen manchmal noch im Jahre der Entstehung wieder austreiben. Daß diese verfrühten Triebe kleine Basalaugen entwickeln, hat schon Th. Hartig beobachtet.

Die Lohkrankheit[1]).

An Pflanzen, die gegenüber ihren natürlichen Standorten in zu schweren Böden zu wachsen gezwungen werden, wie dies häufig in Gärten geschieht, kann man auch oft schon, ohne daß die oberirdischen Teile sichtbare Schädigungen zeigen, an den Wurzeln abnorme Bildungen

[1]) Bei älteren Bäumen, die in nassem Grunde stehen, aber bisher kräftiges Wachstum gezeigt haben, leitet sich ein Rückgang in der Produktion dadurch ein, daß die Wurzel- und Stammrinde der alten Teile aufreißt oder nach Abblätterung der äußeren Korkschichten blasige oder schwach schwielige Auftreibungen zutage treten läßt, die später eine staubig oder wollig aussehende Oberfläche erhalten. Wenn die Stelle etwas trocken wird, läßt sich von derselben ein rotgelbes bis braungelbes Pulver abwischen, das im Farbenton der frischen Lohe ähnlich ist und die Veranlassung zur Bezeichnung „Lohkrankheit“ gegeben haben

des Rindenkörpers beobachten, die sich namentlich dadurch bemerkbar machen, daß die Lenticellen resp. Ersatzlenticellen unnatürlich vergrößert erscheinen. So zeigten unter anderem im schweren Dahlemer Lehmboden des Botanischen Gartens die Wurzeln von Kiefern, so von *Pinus nigra* u. a. in ihrem ganzen Verlauf bis mehrere Millimeter dicke und breite knotige Anschwellungen. Auch Laubhölzer hatten mehrfach solche Mißbildungen. Die Wurzel reagiert eben, soweit es ihr überhaupt möglich ist, auf den Sauerstoffmangel durch Vergrößerung ihrer Atmungsorgane, um von dem knappen Sauerstoff möglichst viel in Berührung mit den Zellen zu bringen.

Bei der allmählichen Bodenverdichtung durch ungenügende Lockerung, Versumpfung usw. zeigen die Wurzeln natürlich so lange dieselbe Reaktion, wie der zu ihnen dringende Sauerstoff (resp. der Ausgleich der erzeugten Kohlensäure) noch zur Atmung genügend ist, bis schließlich die unteren absterben und sich die Deformationen an den oberen Wurzeln verstärken. Die ganze Rinde erscheint oft in der in der Fußnote geschilderten Form verändert. Von unseren Obstbäumen ist die Erkrankung bisher am häufigsten bei Äpfeln beobachtet worden. Pflaumen leiden seltener. Ähnliche Vorgänge, die ein Abplatzen großer Borkenschuppen zur Folge haben, sind bei Kiefern, Rüstern, Platanen und anderen gefunden worden.

In Abb. 14 sehen wir ein Stück Apfelwurzel in natürlicher Größe. Die Rinde ist durch verschiedene große Querrisse mit zurückgeschlagenen Rändern zerklüftet, und die aufgebrochenen Stellen sind mit ockerfarbigem Pulver oder (bei frischem Herausnehmen aus der Erde) mit weichen, feuchten, braunen Massen bedeckt.


Abb. 14. Apfelwurzel mit aufgebrochenen Lohstellen, nat. Gr. (Orig. Sorauer).

Abb. 15 stellt den Querschnitt durch eine solche Schwiele dar. Wir finden den Holzkörper (*c* ist die Kambiumzone) von meist normalem Bau, durchzogen von den Markstrahlen (*m*), die der Mehrzahl nach keinerlei Abweichung zeigen. Nur bei einzelnen (*m'*) fällt es auf, daß sich dieselben in ihrem jüngeren Teile zu verbreitern beginnen

mag; im Sprachgebrauch mancher Gegenden, wo Lohe gleich Rinde ist, würde Lohkrankheit einfach Rindenkrankheit bedeuten. Sorauer hat bei Einführung dieser Krankheit in die Wissenschaft den von den praktischen Züchtern gebrauchten Namen beibehalten, hat aber alle äußerlich öfter ähnlichen Rindenerkrankungen, die auf eine Wucherung der Lenticellen zurückzuführen sind, mit dem gleichen Namen belegt, auch solche an jungen Zweigen, z. B. den Kirschen, Birnen usw., die durch Wasser- resp. Nährstoffüberschuß hervorgerufen werden, also ganz anderen Ursachen ihr Entstehen verdanken.

und dadurch einen lockereren Bau einleiten. Dieser Lockerungsvorgang findet aber erst in der Rinde seinen deutlichen Ausdruck, indem dort die Reihen der Markstrahlzellen ösenartig auseinanderweichen können. Während die junge Innenrinde mit ihren Hartbaststrängen noch keine Änderung des normalen Baues zeigt, lassen die älteren Schichten (auf der linken Seite des Bildes) eine Verarmung des Zellinhalts und radiale Streckung (k') erkennen. Die Überverlängerung des Rindenparenchyms wird um so stärker, je weiter die Zellen nach außen liegen, und sie steigert sich innerhalb der

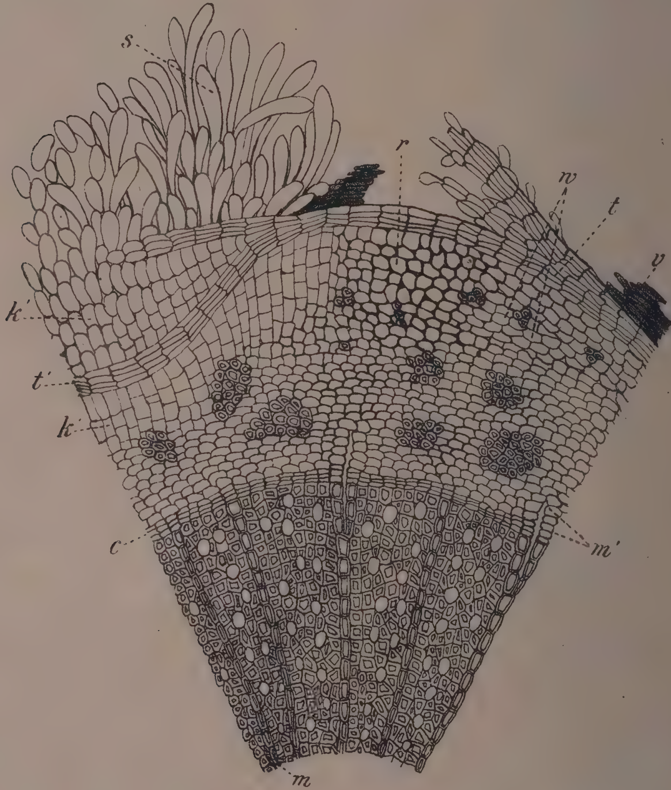


Abb. 15. Querschnitt durch eine lohkranke Stelle der Apfelwurzel. (Orig. Sorauer.)

Korkzone derart, daß die frei an der Oberfläche liegenden Zellen eine schlauchartige Gestalt (s) annehmen und nur noch ganz lose miteinander in Verband stehen.

Wenn die Wurzeloberfläche abtrocknet, schrumpfen die Zellschläuche und lösen sich dabei in ihren äußeren Schichten gänzlich voneinander. Dann bildet sich die lohfarbige pulverige Masse, welche mit dem Finger abwischbar ist. Auch die Lamellen von Tafelkork (t), welche an der Peripherie in dicken (bei normalem Verhalten gleichmäßigen) Schichten vorhanden sind und von außen her allmählich absterben und zerfallen (v), werden an der lohkranken Stelle in den Lockerungsprozeß hineingezogen. Sie spalten sich, indem einzelne Mittelschichten ihre Zellen abrunden und

die Neigung zeigen, den Bau des Füllkorks anzunehmen, wie später bei der Kirsche eingehender beschrieben werden soll.

Wenn die Rindenwucherung an der Peripherie und die Entleerung des Zellinhalts ihren höchsten Grad erreicht haben, treten die bekannten uhrglasförmigen Tafelkorklagen auf (*t'*), welche das schließlich verkorkende hypertrophierte Rindenparenchym abschneiden und zum Bestandteil der Borkenschuppe werden lassen. Der Zellstreckungsvorgang schreitet mittlerweile seitlich und nach innen hin weiter fort. So sehen wir bei *w* bereits die ersten Anfänge, indem die normalerweise tangential gestreckten Rindenzellen im Querschnitt quadratisch werden und durch Teilung an Zahl zunehmen, um sich nach der kranken Seite hin mehr abzurunden, durch Vergrößerung der Interzellularräume sich zu lockern (*r*) und schließlich in die Radialstreckung überzugehen, die bis zum schlauchartigen Auswachsen sich steigert.

Durch dieses Zurückgreifen des Überverlängerungsvorganges in immer jüngere Rindenparenchymlagen wird endlich die Tätigkeit der Wurzel an den lohkranken Stellen erschöpft.

Es ist verständlich, daß die durch den Luftabschluß im Boden hervorgerufenen Veränderungen in der Tracht, wie sie die Erscheinung der „stillen Übel" ergibt, auch auf den anatomischen Aufbau des Stammes mannigfache Einflüsse ausüben. Die starke Störung des Gesamtwurzelkörpers bringt starke Schwächungen des ganzen Organismus mit sich, wie sich ja auch in der Gelblaubigkeit, der Spitzentrocknis usw. zeigt. Jede Störung des normalen Zuwachses macht sich erfahrungsgemäß aber auch in der Ausbildung der Rinden- resp. Borkenschichten bemerkbar, man braucht nur an die abnorme Ausbildung beim Zwergobst (vgl. Schröpfschnitt usw.) zu erinnern.



Abb. 16. Rindenstück eines lohkranken Apfelstammes.
a die Schwielen der Lohkrankheit, *b* Rest der trockenen, das Ganze überdeckenden Borkenschuppen. (Sorauer.)

Auch hier wird mit dem Nachlassen der Wurzeltätigkeit die normale Ausbildung der Kork- und Borkenlamellen gestört. Wie auch weiter unten bei den Kiefern in Moospolstern beschrieben wird, hört namentlich die Tätigkeit der Phellogenschichten oft vorzeitig und unregelmäßig auf. Die Folge ist, daß die einzelnen Borkenlagen aneinandertrocknen, so daß das normale Abblättern unterbleibt. Die gesamte tote Rinde liegt gleich einem Eisenbande um den Stamm und verhindert die Lenticellen an ihrer Tätigkeit der Atmung. Die Folge ist auch hier, daß die Lenticellen anfangen, sich krankhaft zu vergrößern und so schließlich die harte Borke unregelmäßig sprengen. Bei stärkeren Stämmen wird man bisweilen auf die Erscheinung erst aufmerksam, wenn man die Borke genauer betrachtet und findet, daß einzelne Borkenschuppen sparrig abstehen. Hebt man dieselben ab, was dann oft auffällig leicht vonstatten geht, dann bemerkt man, daß das noch saftige Rindengewebe in seinen äußersten Lagen unregelmäßige,

blasige Erhebungen bildet, welche später aufreißen und in staubförmige, bei trockenem Wetter abwischbare Massen zerfallen. Abb. 16 stellt die frische Rindenfläche eines Apfelbaumes dar, die durch Abheben der äußeren Borkenschuppen *b* bloßgelegt worden ist.

Auf der grünbraunen saftigen Fläche treten nun die halbkugeligen oder gestreckten, schwielenartigen Erhebungen (*a*) deutlich hervor. Abb. 17 stellt den Querschnitt einer solchen beuligen Auftreibung dar, bei welcher

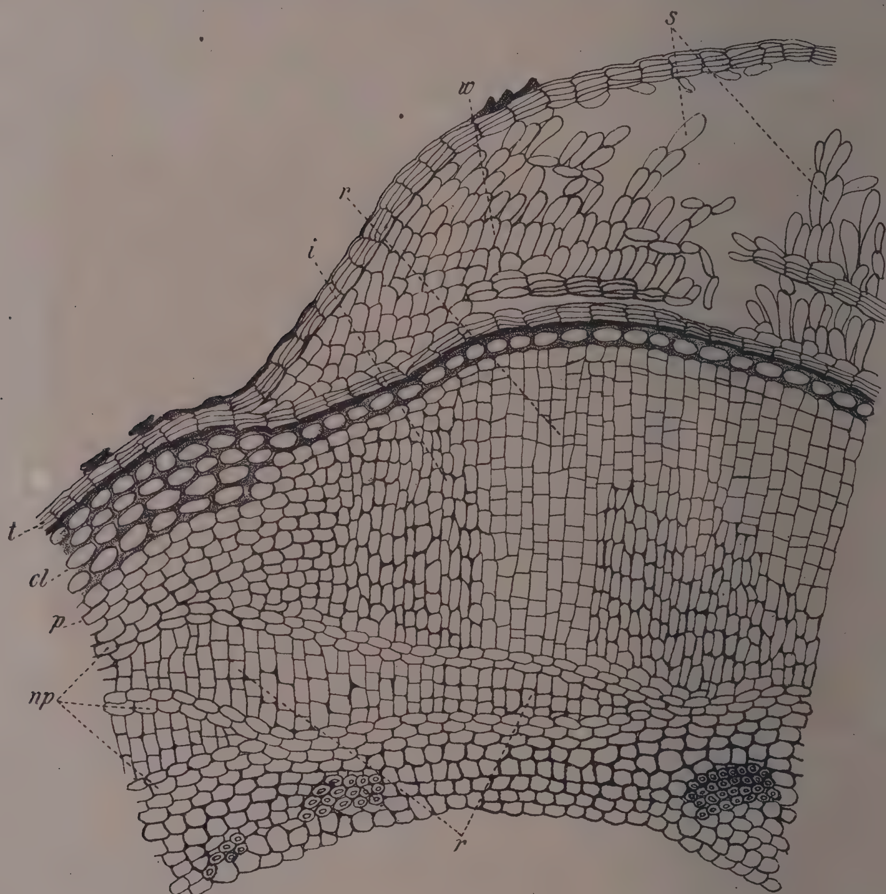


Abb. 17. Lohkranke Stelle am Apfelstamm. (Sorauer.) Buchstabenerklärung im Text.

aber Holzkörper, Kambium und jüngste Innenrinde nicht gezeichnet worden sind. Wir erkennen auf den ersten Blick die Übereinstimmung im Bau mit der Lohstelle der Wurzel. An dem unteren Teil der Abbildung finden wir das Rindenparenchym mit den drei Hartbaststrängen noch in normaler Ausbildung und Lagerung; aber schon dicht über den Hartbastbündeln wird eine Umlagerung bemerkbar, indem die tangential gestreckten, chlorophyllreichen Rindenzellen anfangen, sich radial zu verlängern (*r*), sich zu teilen und in parallelen, durch große Interzellularräume (*i*) gelockerten Längsreihen sich anzuordnen. Daß diese Gewebeveränderung schon sehr

früh, sogleich bei dem Heraustreten aus der Kambiumzone stattgefunden haben muß, geht daraus hervor, daß sich die Dauergewebeform des Collenchyms (*cl*) nur einschichtig innerhalb des Wuchergewebes hat ausbilden können. Den Hauptanteil an der Auftreibung aber haben die peripherischen Schichten, die sich zu Polstern (*w*) gestreckter, schließlich schlauchförmiger (*s*) Zellen ausgebildet und die tafelkorkartigen Zellagen (*t*) in die Höhe gehoben und endlich gesprengt haben.

Bei der Deutung dieser Erscheinung dürfen wir nicht vergessen, daß diese Lohstellen unterhalb der alten Borkenschuppen entstehen und unter Ausbildung von Füllkork selbst wieder durch Verkorkung zu Borkenschuppen werden. Dabei sehen wir, daß die Gliederung der Rinde in abge-



Abb. 18. Im Rohhumus zusammenbrechender Kiefernbestand; im dichten Moospolster stark lohkrank mit Rindenmulm. (Graebner.)

schnürte und abschnürende Zellagen, wie sie in der Borke abwechseln, schon im jugendlichen Rindengewebe angelegt wird. Wir finden, daß sich im jungen, frischen Rindengewebe Querbänder tafelförmiger, in Inhalt und Bau der Wandung abweichender Zellen in geschwungenen Linien (*np*). durch das hypertrophierte, anfangs stärkeführende Gewebe hindurchziehen.

Diese gestaltliche und funktionelle, die Borkenschuppenbildung bedingende Gliederung des Rindenparenchyms ist auch bei anderen Baumrinden zu finden, tritt aber erst in den älteren Achsen auf, bei denen das Rindenparenchym durch den Druck der aufgelagerten Borkenschuppen bereits beeinflußt wird. Sorauer hat deshalb diese Streifen tangentialer Zellen (*np*), die später verkorken, manchmal auch noch Tafelkork entwickeln und die Borkenschuppen herausschneiden, als „Druckbänder" bezeichnet.

Der Rindenmulm.

Das höchste Maß erreichen die Rindenstörungen, namentlich die krankhaften Ausbildungen der Lenticellen und der Kork- und Borkenschichten dann, wenn nicht nur die Atmung der Wurzel allmählich gehindert wird, sondern wenn durch heraufwachsendes Moos, Gras oder Heidekraut am Stammgrunde oder gar durch einen Moos- oder Flechtenmantel an einem großen Teile des Stammes die Atmung auch dort eingeschränkt wird. Dann tritt jenes Stadium ein, welches Sorauer mit Rindenmulm bezeichnet.

Graebner[1]) hat diese besonders in den feuchten Gebieten Deutschlands häufige Krankheit namentlich in der Lüneburger Heide untersucht und berichtet darüber unter anderem folgendes:

An normalen Kieferstämmen bemerkt man beim Entfernen der älteren abgestorbenen Borkenplatten und Rindenteile auf der jungen Rinde



Abb. 19. **1, 3** Stammstücke lohkranker Kiefern aus Rohhumus der Lüneburger Heide. 2 nach Entfernung des Mooses gesundend. (Graebner.)

kleine, höchstens kaum stecknadelkopfgroße Höckerchen. Diese Höckerchen zeigten an normalen, aus dem Grunewald bei Berlin stammenden Stücken etwa folgenden anatomischen Bau (Abb. 20): Die Außenseite der lebenden Rinde, also die Grenzzone zu der äußeren abblätternden Borke, bildet eine meist wenigzellige (zumeist zwei bis vier Lagen) Schicht von Steinkork, die sich an den Aufwölbungen am Mantel der Höckerchen erhebt. An der Spitze derselben aber werden die Steinkorkzellen dünnwandig und sind zusammengefallen, so daß das Bild oft fast an einen flachen Krater erinnert und so die Außenöffnung, die Verbindung der Außenluft mit den Zwischenzellräumen, hergestellt wird. Unterhalb der Steinkorkschicht liegt ein Parenchym, welches auch das ganze Innere der Höckerchen ausfüllt und (zum Teil sehr große) luftführende Zwischenzellräume besitzt.

[1]) Graebner, P., Beiträge zur Kenntnis nichtparasitärer Pflanzenkrankheiten forstlicher Holzgewächse. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. XXXVIII, 1906, vgl. unten S. 194, 205.

Die Zellen sind meist stark abgerundet. Im Innern des Parenchyms, meist wenige, bis etwa zehn Zellen unter der Spitzenöffnung gelegen, bemerkt man fast stets eine große Harzlücke, die von dichter aneinanderschließenden kleinen Zellen umgeben ist; unterhalb derselben liegen oft

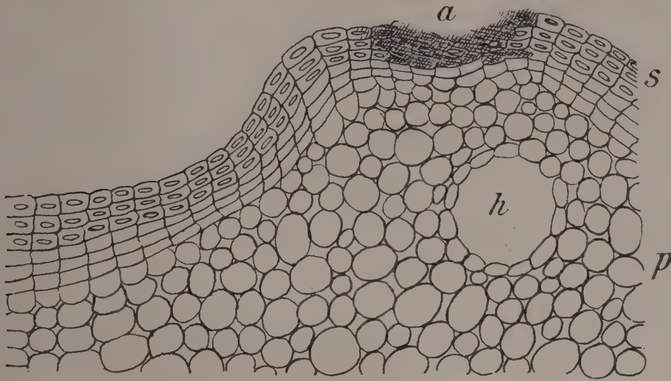


Abb. 20. Normale Ersatzlenticelle (Rindenpore) der Kiefer.
Steinkork, *p* Parenchym, *h* Harzlücke, *a* Gipfel abgestorbener, den Luftdurchgang vermittelnder Zellen. (Graebner.)

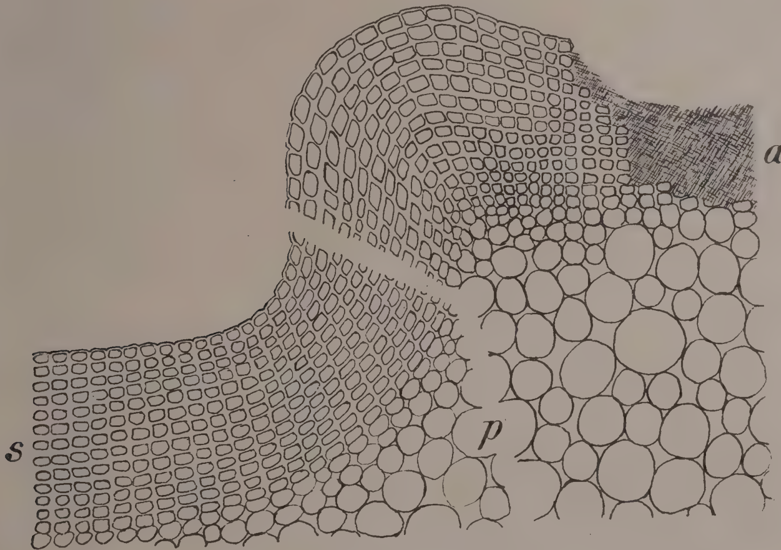


Abb. 21. Teil einer Ersatzlenticelle (Rindenpore) der Kiefer in dichtem Moospolster.
s Steinkork viel-, aber dünnzellig, *p* schwammiges weiches Parenchym, *a* abgestorbener, nicht zur Ausbildung gekommener Steinkork, *p* und *a* setzen sich öfter bis etwa 1 cm Länge fort, letzterer unregelmäßig zerspalten. (Graebner.)

noch über 20 Schichten Parenchym, ehe die Leitungsgewebe usw. der Rinde beginnen. Innerhalb dieser die Höckerchen ausfüllenden Parenchymgruppe bemerkt man zahlreiche Markstrahlen, die durch das Kambium Verbindung mit den gleichfalls zahlreichen des Holzkörpers besitzen.

Die Höckerchen sind also ihrer Funktion nach Lenticellen und können bei weiterer Fassung des Begriffes auch so genannt werden, weichen aber in ihrer Entwicklung von den typischen der Dikotylen ab. Da sich kein besonderer Name für die Gebilde in der Literatur findet, benutzt Graebner den auch für ähnliche Organe der Laubhölzer angewandten „Ersatzlenticellen".

Wird nun durch am Stamm in die Höhe wachsende Moosrasen, durch dicke Rohhumusschichten usw. der Grund des Stammes eingeschlossen, so daß er dauernd von feuchter Luft umgeben, ihm die direkte Berührung mit der Außenluft also abgeschlossen ist, so vergrößern sich die Ersatzlenticellen oft ganz ungeheuer. Die Harzlücke in der Mitte verschwindet ganz oder löst sich in unregelmäßigen Grenzen auf. Die äußere Steinkorkschicht erscheint viel weniger verdickt, besteht dafür aber meist aus zahlreichen (bis 14) Lagen und ist häufig auf große Strecken durchbrochen. Unterhalb der Steinkorkschicht lagert dann ein sehr dickes Parenchympolster, welches bis zu 5 mm Dicke besitzen kann und meist über 50 Zellschichten stark ist. Die Zellen sind oft außerordentlich unregelmäßig gebaut, einzelne stark vergrößert, von großen Interzellularen umgeben,

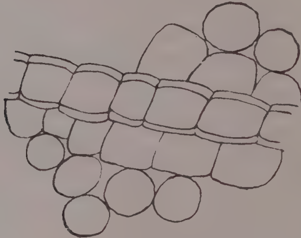


Abb. 22. Teile des tiefer im Innern lagernden Parenchyms der im Moose mißbildeten Ersatzlenticelle.

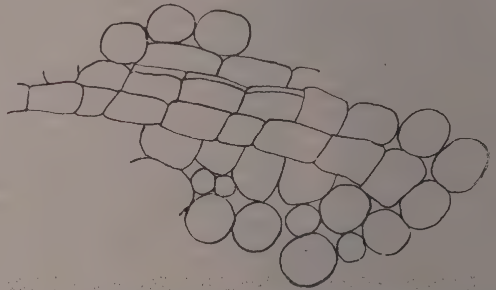


Abb. 23 zeigt die nicht zur Ausbildung gelangte Anlage abschließender Steinkorkschichten usw.

andere sind kleiner und lassen oft kettenförmige Reihen in der Längsrichtung des Stammes erkennen. Von diesen kleineren Zellen sind mitunter einige, seltener zahlreichere mehr oder weniger, öfter nur an einer Wand verdickt, hin und wieder ist auch eine Zelle ziemlich langgestreckt, mehrmals so lang wie breit. Manche Ersatzlenticellen sind ganz durchsetzt von derartigen Bildungen, so daß das ganze Gebilde einen außerordentlich krausen Eindruck macht. Die Pflanze hat versucht, während der Hauptvegetationsperiode das schwammige Atmungsgewebe durch eine normale Steinkorkschicht abzuschließen, aber die Ausbildung derselben ist nie vollendet worden.

Die dichten Polster von Heidekraut und Moos sind Wasserspeicher, die das atmosphärische Wasser ansammeln und auf diese Weise einen an der Stammbasis stets höher hinaufwachsenden feuchten Filz bilden. Solche feuchten Polster hindern wesentlich den Luftzutritt und veranlassen die Zersetzung derjenigen Zellagen der Borkenschuppen, welche besonders locker gebaut sind, zu einer tiefbraunen, im trockenen Zustande pulverigen, bei stärkerer Feuchtigkeit schmierigen Masse, die als „Mulm" bezeichnet wird. Derartige Mulmnester bilden die Brutstätte zahlreicher tierischer und pflanzlicher, die Zersetzung beschleunigender und übertragender Organismen.

Die Borke blättert ungemein leicht in einzelne Lagen von verschiedener Dicke auseinander. Die Oberfläche der einzelnen auseinanderfallenden Borkenschichten ist reliefkartenartig uneben und stellenweise mit breitkegelförmigen, bis 2,5 mm hohen harten, oft kraterförmig vertieften holzigen Vorsprüngen versehen. Solche Vorsprünge, ebenso wie die schwielig in weichen Linien hervortretenden Gewebepolster der einzelnen auseinanderblätternden Borkenlagen befinden sich stets auf der Innenseite der sich abhebenden Schicht und haben genau das Aussehen, wie wir es später in dem Abschnitt über „Rindenabwurf" bei *Ulmus* abbilden.

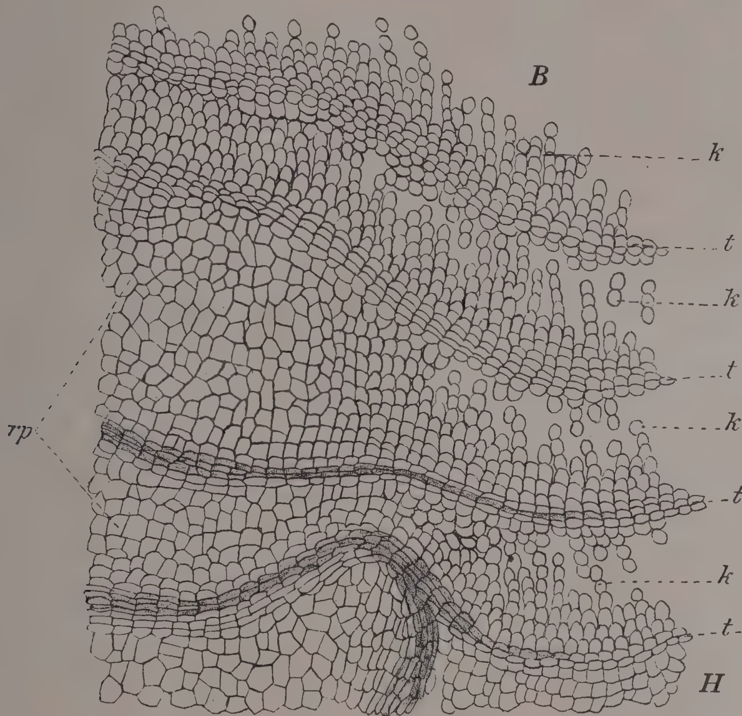


Abb. 24. Mulmige Borkenschuppe einer Kiefer aus der Lüneburger Heide. (Orig. Sorauer.)

Die leichteste Lösbarkeit der Lamellen voneinander fand sich da, wo eine mulmige, d. h. in Humifikation befindliche, zerfallende Gewebeschicht die Trennungsfläche bildete. Der Mulm bestand aus Korkzellen, wie im beiliegenden Querschnitt (Abb. 24) die obere Seite (*B*) zeigt, während *H* diejenige Borkenseite bezeichnet, welche dem Holzkörper näher liegt, also jünger ist. *rp* ist verkorktes, festes, dagegen *k* füllkorkartig gelockertes Rindenparenchym, *t* Tafelkork. Die Borkenschuppen setzen sich also aus immer tiefer nach der frischen Rinde und dem Kambium hin fortschreitenden Abgliederungen von Rindenparenchym zusammen, das von Tafelkorklagen abgeschnitten wird und verkorkt; außerdem finden wir Nester von losen Zellen, die um so üppiger sind, je tiefer die Stammbasis im Moos gestanden hat. Die schwammige Beschaffenheit der Unterseite der einzelnen

Borkenlamellen rührt von der krankhaften Üppigkeit der Parenchym- und Füllkorkmassen her. Infolge der Nässe und der geringen Sauerstoffzufuhr werden diese Wuchergewebe humifiziert und bilden den die Trennung der Lamellen erleichternden Mulm.

Später, zur Zeit der Verlangsamung der Vegetation, kommt dann eine Steinkorklage wie die oben beschriebene zur Ausbildung; oft an den Rändern fast senkrecht in das Innere der Rinde eindringend, wölbt sie sich fast halbkreisförmig um die schwammige Parenchymmasse, die zu dieser Zeit meist schon rapide im Absterben begriffen ist. An kleineren Ersatzlenticellen kommt der Verschluß durch Steinkork oft zustande, an großen meist nicht; die Mitte der Steinkorkplatte bleibt unausgebildet und fällt mit dem schwammigen Parenchym zusammen. Graebner sah mehrfach Fälle, bei denen das absterbende, von ganz mangelhaft entwickeltem Steinkork abgeschlossene Schwammgewebe sehr weit ins Innere der lebenden Rinde eindrang und nur von einer ganz schmalen Schicht von dem Kambium getrennt war.

In dicken Moospolstern lassen die Stämme öfter beim Ablösen der Rinde am Grunde des Stammes kleinere, abgetötete, schmierige Stellen des Kambiums erkennen, und in den krankhaft vergrößerten, abgestorbenen Ersatzlenticellen bemerkt man deutliche Pilzmyzelwucherungen. Es gelang Graebner, mehrere Objekte zu finden, an denen das Eindringen von Pilzmyzel (es ist mikroskopisch von dem des Wurzelpilzes, *Polyporus annosus*, nicht zu unterscheiden) in die abgestorbenen, vergrößerten Ersatzlenticellen und von diesen in das lebende Gewebe der Rinde und des Kambiums deutlich sichtbar war, während alle umliegenden Teile sich als völlig gesund erwiesen. Es scheint demnach der Beweis erbracht, daß sicherlich in einer Reihe von Fällen das Auftreten der Stammfäule durch die dicken Moospolster, Rohhumusschichten usw. und die dadurch verursachte krankhafte Veränderung der Stammbasis und des Wurzelhalses veranlaßt wird.

Wurzelerkrankung der echten Kastanien (Mal nero)[1].

Die in Frankreich häufige Krankheit äußert sich nach Delacroix[2]) am auffallendsten in nassem, undurchlässigem Boden und bei gepfropften Bäumen. Die Blätter verlieren ihre dunkelgrüne Farbe, und die Zweige beginnen an den Spitzen zu vertrocknen. Die Früchte werden nur unvollkommen reif und bleiben in der sich öffnenden Cupula sitzen. Delacroix fand die Mykorrhizen an den feinen Wurzeln krankhaft verändert, und zwar nehmen dieselben, wie er glaubt, aus Mangel an Humus einen parasitären Charakter an. Das Myzel steigt dann in den stärkeren Wurzeln in die Höhe bis zum Wurzelhals und im Stamm aufwärts bis zu den Zweigen. Aus den Wurzel- und Stammwunden erfolgt ein gerbstoffhaltiger Ausfluß. In diesem Schwächezustande bieten die Bäume einen geeigneten Ansiedlungsherd für andere Parasiten, wie z. B. *Polyporus sulphureus* und *Armillaria mellea* sowie *Sphaerella maculiformis*.

[1]) Unter dem gleichen Namen (oder auch als „Nerume") wird neuerdings eine Hauptwurzel- und Stammkrankheit der Walnuß aus Italien beschrieben, als deren Ursache die Sterilität und Steinigkeit des von gutem, feuchtem Boden bedeckten Untergrundes angenommen wird. Vgl. A. Trotter, Rivista agraria, Neapel XXVI, Nr. 2 (1921). Die Bodenbildung soll die Pilzvegetation begünstigen.

[2]) Delacroix, G., La maladie des châtaigniers en France. Bull. Soc. Mycol. de France XIII (1897), S. 242.

Der Grund, weswegen Sorauer die Krankheit an dieser Stelle einreiht, liegt in den Ergebnissen einer eingehenderen Untersuchung, die er mit Material aus Rennes anzustellen Gelegenheit hatte. In dem von Herrn Crié gesandten Begleitschreiben wird mitgeteilt, daß das absterbende Astholz beim Zerbrechen oder Ablösen der Rinde einen Gärung anzeigenden Geruch habe, und er vermute eine Umsetzung des Tannins, wobei Glykose und Alkoholgärung auftreten. Die eingesandten Zweigproben waren reich mit Flechten besetzt, und die Blätter zeigten tief in die Interkostalfelder hineingreifende, vom Rande ausgehende Bräunung.

Maßgebend werden die Wurzeln, die ein holperiges Aussehen haben, da sehr zahlreiche, verschieden große, abgeflacht halbkugelige, schwarze, harte Polster die Oberfläche bedecken. Nach Behandlung mit Kalilauge, wobei das austretende flockige Tannin weinrot bis braun gefärbt wird, zeigen die Querschnitte, daß es sich um Rindenauftreibungen handelt, die noch von der normalen Korklage gedeckt sind. Die Primärrinde hat parenchymatische Wucherungen entwickelt, deren in fächerförmigen Reihen angeordnete Zellen farblose, in Schwefelsäure anscheinend schwer lösliche Wandungen und einen braunen, sehr festen Inhalt besitzen. Diese Rindenauftreibungen werden später von einer uhrglasförmigen, von der äußeren Korkschicht abgehenden Tafelkorklamelle abgeschnitten und durch die nachwachsende Innenrinde über die Wurzeloberfläche als Schwiele emporgetrieben. Die gesunde Rinde ist vollgepfropft mit Stärke.

Bei dem eingesandten Material hatten auch die Zweige etwa $^1/_4$—$^1/_2$ mm breite, abgeflachte, halbkugelige, nur sehr wenig hervortretende Erhebungen der Rinde. In diesen zeigte sich der Anfang von mehrschichtiger Lenticellenwucherung, wie solche in ausgedehntem Maße bei den lohkranken Kirschen zu beobachten gewesen. Die an den Zweigen noch festsitzenden Blätter deuteten in ihrer Beschaffenheit bereits die Wurzelerkrankung an. Sie zeigten eine vom Rande nach der Mittelrippe hin in den Interkostalfeldern fortschreitende Bräunung und Vertrocknung des Parenchyms. Dasselbe war schließlich nur in der nächsten Nähe der Rippen noch grün. Die auf den kranken Blättern auftretenden schwarzen, gelb umsäumten, zerstreut stehenden, rundlichen Flecke, welche verschiedene Pilzansiedlungen enthielten, müssen als sekundäre Erscheinungen betrachtet werden. Der Befund an den Zweigen im Verein mit den Auftreibungen des Wurzelkörpers bringt die Krankheit, die von Crié als „Mal nero“ bezeichnet wurde, in die Gruppe der Lohkrankheiten. Demgemäß würde die Auswahl faseriger oder gut gekrümelter Böden, welche beständig reichliche Bodendurchlüftung gewähren, das beste Vorbeugungsmittel gegen die Krankheit sein.

Die Gelbsucht der Reben,

die, weil sie anscheinend nur auf kalkreichem Boden und in Verbindung mit Kalküberschuß auftritt, dort ausführlich besprochen wird, wird nach neueren Untersuchungen von Fr. Muth[1]), Schellenberg und Karl Müller (Augustenberg, jetzt Freiburg i. B.[2])) zum mindesten sehr häufig durch

[1]) Muth, Bericht des Laboratoriums d. Großh. Wein- u. Obstbaumschule Oppenheim 1903—1910.

[2]) Müller, K., Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung. Karlsruhe 1918, S. 76, 2. Aufl. (1922), S. 79. — Schellenberg, H., Gelbsüchtige Reben. Schweiz. Zeitschr. f. Obst- und Weinbau. XLVIII, 1919, S. 333f.; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXX, 1920, S. 103.

Nässe und zu geringe Luftzufuhr im Boden hervorgerufen. Alle Forscher sprechen sich dahin aus, daß die physikalische, die Luftzirkulation erschwerende, dabei die Poren verstopfende und oft die stauende Nässe begünstigende Struktur des Bodens eine Hauptrolle spielt.

Moose und Flechten an den Stämmen.

Die beschriebene abnorme Ausbildung des Rindenkörpers verursacht, wie bemerkt, ein unregelmäßiges Aufplatzen der Rinde, da es bei den abblätternden Bäumen nicht zur Bildung der normalen Rindenplatten oder



Abb. 25. Weißbuche dicht mit Flechten (*Sticta pulmonaria*) besetzt; Urwald von Bialowies. (Nach Steinecke.)



Abb. 26. Ahorn mit dichten Moospolstern (*Leucodon sciuroides*), die Ringe sind *Neckera pennata*, Urwald von Bialowies. (Nach Steinecke.)

Schilbern kommt. Die an vielen Stellen als Borke festtrocknende Rinde bekommt unregelmäßige Risse und Spalten, die, wie die anatomische Untersuchung zeigt, oft weit in das Innere der Rinde hineinragen, ja öfter sogar die lebende Rinde noch mit verletzen. Es ist dies wohl verständlich, da die letztere als ein weicher Körper unter solchem Spalt leicht nachgibt.

Die feinen Spalten und Risse sind nun natürlich für die Sporen der Moose und Flechten das geeignetste Keimbett, und den heran-

wachsenden Pflanzen dieser Epiphyten geben sie die Möglichkeit, sich festzuhalten. In jeden Seitenspalt und jede Furche wachsen die Moose und Flechten hinein und füllen alles mit ihrem Flechtenkörper oder mit dem Moosstämmchen aus, zumal ja die Feuchtigkeit sich in den Spalten besonders gut hält. Daß die Ansiedelung in Gebieten reichlicher Niederschläge und feuchter Luft besonders rasch und ausgiebig erfolgt, ist verständlich, daher das viel häufigere Vorkommen in den Heidegebieten und in Gebirgen.

Durch das Verstopfen der Spalten und Risse in der toten Rinde werden natürlich auch die direkten Zuführungswege der atmosphärischen Luft verstopft. Die Atmung des Stammes wird um so stärker erschwert, je dichter die Moos- und Flechtenpolster sind, bzw. je mehr von der Stamm-



Abb. 27. Durch Flechtenanhang bis in die jüngsten Zweige erstickte Lärche in der Lüneburger Heide, Rohhumusboden. (Graebner.)

oberfläche mit ihnen überzogen ist, bis schließlich der ganze Stamm mit ihnen bekleidet sein kann.

Die Rinde des Stammes wird in derselben Weise wie bei der Lohkrankheit und bei der Entstehung des Rindenmulms durch krankhaft vergrößerte Lenticellen reagieren, und das Krankheitsbild ist schließlich das gleiche.

Je stärker das Rindenwachstum eines Baumes durch die schwache Wurzelatmung gestört ist, desto weiter greift die Zone der krankhaften Ausbildung der Rinde um sich. Während zunächst nur die ältesten Teile des Stammes und die stärksten Äste von der Lohkrankheit befallen werden und den Moosen und Flechten die massenhafte Ansiedelung ermöglichen, zeigen allmählich immer dünnere Zweige das unregelmäßige Aufplatzen der Borke, und so ist schließlich öfter schon das vorjährige Holz mit den Anfängen starker Flechtenansiedelung, selten mit Moospflänzchen bedeckt.

Als Mittel gegen die Ansiedelung von Moosen und Flechten am Stamm wird vielfach das Abkratzen der rissig-borkigen Rinde durch eiserne Rindenscharren angewandt. Ganz abgesehen davon, daß infolge des Fehlens der normalen Ablösungsschichten unter der festgetrockneten Borke dabei häufig die lebende Rinde verletzt wird, also Wunden entstehen, kann die Luftzufuhr an den Stamm nur kurze Zeit dauern, wenn nicht zu gleicher Zeit die Ursache der Erkrankung, die mangelhafte Bodendurchlüftung behoben wird. Die Ansiedelungen finden sich sonst bald wieder ein. Etwas länger wirkt schon der Anstrich mit Karbolineum, da die Epiphyten auf der durchtränkten Rinde zunächst nicht wieder wachsen können.



Abb. 28. Flechtenanhang an jungen Eichenzweigen auf Rohhumus in Frostlage in der Lüneburger Heide. (Graebner.)

In und bei Großstädten werden nur Moose an kranken Stämmen wachsen, da, wie bekannt, Flechten dort wegen des Gehaltes der Luft an schwefeliger Säure nicht leben können[1]).

6. Säurebildungen im Boden.

Das Welken und Verbrennen der Pflanzen im nassen Boden.

In Kulturen von schnell wachsenden, großblättrigen Pflanzen, wie z. B. bei dem Hopfen, bei Rüben, Tabak usw., sieht man an recht heißen, hellen, windigen Tagen besonders die Pflanzen feuchter humoser Standorte welken. In nassen Löchern werden bisweilen die unteren und mittleren Blätter gelb- bis braunrandig und trocknen zum Teil derartig zusammen,

[1]) Warming-Graebner, Lehrbuch der ökol. Pflanzengeogr. 3. Aufl., S. 11, und Kapitel 12 dieses Bandes.

daß sie in der Hand zu Pulver zerrieben werden können. Die Exemplare sind teilweise von der Sonne verbrannt. Das Auffallende der Erscheinung liegt nur darin, daß gerade an denjenigen Ackerstellen, an welchen das ganze Jahr über hinreichende Feuchtigkeit vorhanden, das Verbrennen sich einstellt, während in höheren, trockenen Lagen, die dem Winde noch mehr ausgesetzt sind, die Pflanzen weniger zu leiden pflegen. Die von Sorauer ausgeführten vergleichenden Kulturversuche[1]) geben über derartige Fälle genügenden Aufschluß. Sie haben gezeigt, daß Pflanzen, welche von Jugend auf ihren Wurzelapparat in einem sehr wasserreichen Boden oder im Wasser entwickeln, derart organisiert sind, daß sie pro Quadratzentimeter Blattfläche viel mehr Wasser verdunsten als Exemplare derselben Abstammung mit demselben Nährstoffquantum und genau denselben übrigen Vegetationsbedingungen, aber geringerer Wasserzufuhr zum Boden. Es ist eine interessante, vorläufig noch nicht gewürdigte Erscheinung, daß sehr viele unserer Kulturpflanzen aus den verschiedensten Familien zur Produktion von 1 g ausgereifter Trockensubstanz unter den ihnen optimalen Lebensbedingungen annähernd gleiche Summen von Wasser verdunsten, und zwar bewegt sich die Menge des ausgehauchten Wassers zwischen 300 und 400 g. Wenn die Pflanzen an Standorte gelangen, die, wie in Böden mit undurchlässigem Untergrunde, dauernd viel Wasser zur Verfügung haben, so wird sich in den Bodenzwischenräumen eine ständige Nährstofflösung vorfinden, welche je nach dem löslichen Bodenkapital mehr oder weniger hoch konzentriert ist. Steigt die Konzentration über das der Pflanzenart zusagende Maß, dann wächst die Pflanze kümmerlicher, bleibt kurzgliedrig, kleinlaubig, aber meist dunkelgrün. Ist die Konzentration gerade passend, dann ist das Wachstum ein sehr reiches und üppiges, und der Wasserverbrauch ist dabei absolut sehr groß, aber berechnet pro Gramm produzierter Trockensubstanz klein. Die Pflanze verwendet unter solchen Umständen das Bodenwasser am nützlichsten. An übermäßig nassen Stellen aber ist der Fall nicht selten, daß die Bodenlösung arm an einzelnen Nährstoffen ist.

In solchen Verhältnissen sieht man den größten Wasserverbrauch, gleichsam, als ob die Pflanze die größten Anstrengungen mache, um von den am sparsamsten vorhandenen Nährstoffen möglichst viel herbeizuschaffen. Die Blätter, welche unter solchen Verhältnissen gebildet werden, sind zwar groß und schön ausgebreitet, aber sehr wenig widerstandsfähig sowohl gegen Kälte als auch gegen Hitze; sie erleiden schon Störungen durch Einflüsse, welche an anderen Pflanzen spurlos vorübergehen.

Nun treten bei Pflanzen feuchter Standorte solche Störungen auch früher ein. An heißen und namentlich auch noch windigen Tagen ist die Verdunstung enorm gesteigert; die ausgehauchte Wassermenge ist dann wesentlich größer als die durch die Achsenorgane zugeführte. Infolgedessen sehen wir ein Welken der Blätter bei sehr vielen Pflanzen. Je weniger eine Pflanze pro Quadratzentimeter Fläche gewohnheitsgemäß aushaucht, desto länger genügt selbst bei extrem heißen Tagen die vom Stengel zugeführte Wassermenge zum Ersatz des Transpirationsverlustes. Die Pflanzen nasser Standorte, die, wie experimentell festgestellt, in derselben Zeiteinheit viel mehr verdunsten als die Exemplare von trockenen Bodenlagen, sind somit zuerst an der Grenze angelangt, bei welcher ein Wassermangel

[1]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, III, Heft 4 u. 5, S. 43ff.

in der Zelle schädlich wirkt. Bei ihnen vertrocknen die Blätter zuerst, und zwar sind es weder die allerjüngsten noch die dem normalen Lebensende am nächsten stehenden ältesten Blätter, sondern in der Regel die kräftigst arbeitenden und zum Teil noch in der Streckung begriffenen.

Wenn so, wie Sorauer festgestellt hat, die Pflanzen an solch dauernd feuchten Stellen infolge ihrer Verweichlichung welken können, kann es nicht wundernehmen, wenn sich selbst bei verhältnismäßig geringen Störungen der Tätigkeit des Wurzelkörpers energische Zeichen des Wassermangels bemerkbar machen.

Eine solche Störung ist zunächst die dauernde Sättigung des Bodens mit Wasser, allein schon durch die Verdrängung der atmosphärischen Luft aus dem Boden. Viel kräftiger wirkt aber die Bildung von Humussäuren in dem luftarmen nassen Boden, der stets reichlich organische (Humus-)Substanzen enthält, die, unter Luftabschluß sich zersetzend, eben Säuren bilden müssen.

Daß Säuren im Boden die Diffusionsfähigkeit der Wurzeln von Kulturpflanzen herabsetzen, ist eine vielfach belegte Tatsache, die neben der ähnlichen Wirkung von Salzen Schimper[1]) in erster Linie bewogen hat, den Begriff der „physiologischen Trockenheit“[2]) zu prägen. Der Boden verhält sich physiologisch trocken, auch wenn er wassergesättigt ist, da die betr. Pflanzen das Wasser nicht in genügender Menge nutzen können. — In neuester Zeit haben besonders Montfort[2]) und Stocker[2]) Arbeiten über experimentelle Untersuchungen in dieser Frage veröffentlicht; sie (bes. Montfort) kommen im wesentlichen zu dem Resultat, daß die Hochmoor- und Nichthochmoorpflanzen sich sehr verschieden verhalten; daß die Giftwirkung des Moorwassers nur bei den letzteren in starkem Maße zu konstatieren ist, daß bei den ersteren dagegen die positiv vorhandene Wassermenge den Ausschlag gibt.

Diesem Punkte widmet Graebner[3]) die erwünschte Aufmerksamkeit. Anknüpfend an die Untersuchungen von Wolf[4]), der das Welken der Blätter und deren schließlichen Tod infolge des Aufenthaltes der Pflanzenwurzeln in einem mit Kohlensäure[5]) übermäßig beladenen Wasser beob-

[1]) Schimper, Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage, Jena 1898. — Warming-Graebner, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, 3. Aufl., S. 197, 311.

[2]) In jüngster Zeit haben mehrere Autoren das Vorhandensein der physiologischen Trockenheit im Sinne Schimpers in Abrede stellen zu müssen geglaubt. Wenn man lediglich die Eigenschaften des Humus und nicht die der meist darin vorhandenen Säuren in Betracht zieht, sind die Beobachtungen zweifellos richtig. Wichtiger sind die Arbeiten von Montfort, C., Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen als Voraussetzung der „physiologischen Trockenheit“ der Hochmoore. Zeitschr. f. Bot., X (1898 . — Tatsachen und Probleme der Moorökologie. Sitzb. Nat. Abt. Niederrhein. Ges. Bonn, 2. Juni 1919. — Physiologische Grundlegung einer Guttationsmethode zur relativen Prüfung der Wasseraufnahme. Jahrb. f. wiss. Bot., LIX (1920). — Die aktive Wurzelsaugung aus Hochmoorwasser im Laboratorium und am Standort und die Frage seiner Giftwirkung. Jahrb. f. wiss. Bot., LX (1921) S. 184—255. — Stocker, O., Die Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen am Standort. Zeitschr. f. Bot, XV (1923) Heft 1.

[3]) Handbuch der Heidekultur, S. 228. — [4]) Tagebl. Naturf. Vers., Leipzig 1872.

[5]) In der neuesten Zeit hat sich besonders Lundegårdh (Über die Kohlensäureproduktion und die Gaspermeabilität des Bodens, Arkiv för Botanik, XVIII, Nr. 13 (1923) und die Bedeutung des Kohlensäuregehaltes und der Wasserstoffkonzentration des Bodens für die Entstehung der Fusariosen, Botan. Notiser, 1923, S. 25—52) mit der Einwirkung des Kohlensäuregehaltes beschäftigt. U. a. kommt er zu folgendem Resultat: Ein Kohlensäuregehalt von mehr als 1 % reduziert die Keimung und das Wachstum des Weizens. Die Hemmung beträgt bei 3—5 % CO_2 mehr als 50 %, die untersuchten *Fusarium*-Arten aber wachsen in Luft, die 5—7 % CO_2 enthält, ganz normal oder z. T. sogar besser als bei niedrigerer CO_2-Spannung.

achtete, zitiert er die zu gleichen Resultaten führenden Versuche von Maxwell[1]) über die Zitronensäure und von Tolf und Blank über die Humussäuren; daran schließt eine Äußerung von Ramann über die Ursache, weshalb eine verlangsamte Diffusion in sauren Böden stattfindet. Es kann nämlich entweder die kolloidale Beschaffenheit der Moorsubstanzen die Diffusionsfähigkeit herabdrücken, und es werden durch Neutralisieren mit Kalk die kolloidalen Stoffe ausgefällt, oder es liegt eine direkte Wirkung der Humussäuren vor. Bedenkt man die Erfahrungen über den Einfluß geringer Steigerungen von Säuren auf das Protoplasma[2]), dessen Strömung dadurch sistiert wird, so wird man als Hauptsache wohl die direkte Säurewirkung betrachten müssen. Es liegen auch spezielle Beweise darüber vor, daß die Transpiration durch Säuren (Weinsäure, Oxalsäure, Salpeter- und Kohlensäure usw.) verlangsamt, durch Alkalien (Kali, Natron, Ammoniak) beschleunigt wird. Neuerdings hat Stutzer[3]) über den Einfluß der Säuren auf Pflanzen berichtet, viele organische und anorganische Säuren sind geprüft worden. Die angewandte stärkste Verdünnung war 0,002. Dabei trat mit Ausnahme der Sojabohnen bei den gewöhnlichen Kulturpflanzen eine Schädigung auf. Nun kommt hinzu, daß die große, wasserhaltende Kraft des Humus der Wurzel das mechanische Abreißen des Wassers von den Bodenpartikelchen weit mehr erschwert, als wenn sie in Sandboden wüchse. Man sieht Pflanzen in Torfboden oder Lehmboden schon bei einem Prozentsatz an Wasser welken, bei welchem sie in Sandboden noch vollständig frisch bleiben, wie die Versuche von Sachs bereits dargetan haben.

Wenn wir auch die Mechanik des hier stattfindenden Welkens noch nicht mit Sicherheit erklären können (die von W. Wolf[4]) gegebene Erklärung erscheint Sorauer nicht ausreichend), so werden wir doch kaum fehlgehen bei der Annahme, daß infolge der übermäßigen Kohlensäureanhäufung im Bodenwasser zunächst die normale Kohlensäureausscheidung der Wurzeln, die bei kräftigem Wachstum nicht unbeträchtlich ist, aufgehoben wird. Es muß im Innern der Pflanze ein außergewöhnlich hoher Gasdruck entstehen, der, bis zum Auftreten positiver Drucke in den Gefäßen gesteigert, die Fähigkeit derselben, Wasser nach den oberirdischen Teilen zu leiten, reduziert. Die Leitungsfähigkeit der Gefäße für Wasser wird um diejenige Leistung vermindert, die der negative Druck in den Gefäßen übernimmt. Wenn somit die Zuleitung des Wassers geschwächt, ohne daß der Verbrauch der Blätter vermindert wird, so ist das Welken die nächste Folge. Wenn, wie bei den Versuchen von Wolf, die Pflanzen in destilliertes Wasser zurückversetzt werden, stellen sich ein normales Aussehen und normale Funktionen wieder ein. Das destillierte Wasser ist in diesem Falle gleichsam ein Schwamm, der die Kohlensäure und die übrigen Wurzelausscheidungen mit Begierde aufnimmt.

Für die Pflanzenwurzel wird schließlich der Effekt derselbe sein, ob die Kohlensäure im Wasser gelöst oder gasförmig infolge mangelnder Bodenabsorption die Wurzelfasern umspült. Bei den oberirdischen Pflanzenteilen ist es allerdings anders und sehr ins Gewicht fallend, ob sie mit

[1]) Journ. Ann. Chem. Soc. XX (1898), S. 103.

[2]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie II. Bd., 1904, S. 798.

[3]) Stutzer, Der schädigende Einfluß der Säuren auf Pflanzen. Mitt. Deutschen Landw.-Ges. 1921, S. 286.

[4]) Jahresber. f. Agrik.-Chemie, 1870/72, II, S. 134.

kohlensäurereichem Wasser oder mit derartiger Luft in Berührung kommen. Wenigstens ist dies durch Böhms Versuche für die Blätter grüner Landpflanzen anschaulich gemacht worden[1]). Böhm tauchte Blätter verschiedener Landpflanzen in kohlensäurehaltiges Wasser und fand, daß die Sauerstoffabscheidung aufhörte, wenn man den Pflanzenteil verhinderte. sich erst mit einer Kohlensäureatmosphäre zu umgeben und sich dadurch vor der direkten Berührung mit dem Wasser abzuschließen. Über die Erfolge der Luftdüngung mit Kohlensäure vgl. namentlich die letzten Jahrgänge der „Angewandten Botanik"[2]).

Aussauern der Saaten.

In dem Abschnitt über zu tiefe Lage der Saat (S. 143ff.) haben wir schon der Nachteile gedacht, welchen das Saatgut auf schweren oder verkrusteten Böden bei großem Wassergehalt manchmal ausgesetzt ist. Auch die aufgelaufene Saat hat mit Schwierigkeiten zu kämpfen, die von der physikalischen Bodenbeschaffenheit, namentlich von dem Überfluß an Wasser bei schweren Böden herrühren. Hierzu gehört das Aussauern der Saaten, das allerdings auch bei leichten Böden eintreten kann, aber tatsächlich meist nur bei schweren, zähen Böden beobachtet wird.

Das Aussauern ist ein Abfaulen der Wurzeln durch längere Berührung mit stehendem Wasser in Gegenwart organischer Bestandteile. Die meisten Wurzeln vertragen einen dauernden Aufenthalt in fließendem oder solchem stehenden Wasser recht gut, das frei von abgestorbenen organischen Substanzen und dabei sauerstoffreich ist, was wir bei der Methode der Wasserkulturen sehen können. Es wird aber auch hier ängstlich vermieden. tote Pflanzenreste in den Kulturgefäßen zu belassen: denn die sich zersetzende organische Substanz beansprucht allen Sauerstoff, der bei der geringen Zufuhr noch vorhanden ist; die Wurzel der wachsenden Pflanze muß dann durch Sauerstoffmangel und Überschuß an Kohlensäure zugrunde gehen. Auch in gewöhnlichen Verhältnissen können Saaten oft eine wochenlange Berührung mit Wasser aushalten, wenn die Temperatur niedrig ist. So berichtet Feige[3]), daß Weizen, welcher fünf Wochen unter 5° C kaltem Wasser gestanden, dennoch erhalten geblieben ist. Dagegen war ein Weizen, welcher acht Wochen unter Wasser war, dessen Temperatur bis auf 7° C stieg, spurlos verschwunden. Korn, welches vordem gesund war, vertrug vier bis fünf Wochen lang Wasser von 3° C, war jedoch schon etwas angegriffener als der obenerwähnte Weizen. Luzerne und Klee hielten ebenfalls im Wasser besser aus als Korn.

Durch Aussauern leidet nach Kühn der Roggen besonders stark, während unter denselben Verhältnissen andere Gräser, wie die in den Blättern dem Roggen recht ähnliche oft als Unkraut massenhaft dazwischen auftretende Trespe, sich sehr üppig entwickeln können. Dieser Umstand hat den hier und da noch immer auftretenden Irrglauben hervorgerufen, daß Roggen sich in schlechten Wintern in Trespe verwandeln könne. Hierher gehört nach Sorauer auch die „*Arrabbiaticcio*" des Weizens in den Marennen und der römischen Campagna. Peglion[4]) erklärt die Er-

---

[1]) Anzeigen der Wien. Akad. d. Wiss., 1872, Nr. 24, 25, S. 163.

[2]) Namentlich Bornemann, H. Fischer, Reinau, Lundegårdh u. a. in den letzten Jahrgängen der Angew. Botanik. Berlin, Gebr. Bornträger.

[3]) Aus Österr. landw. Wochenbl. vgl. in Biedermanns Zentralbl. 1877, S. 76.

[4]) Peglion, V., Sull' arrabbiaticcio e calda fredda. Annuar. d. R. Stazione di Patol. veget. Roma. I (1901), S. 37.

scheinung als ein allgemeines Zurückgehen der Pflanzen durch Überwucherung seitens der Unkräuter, die auf dem unzuträglichen Boden besser als der Weizen gedeihen. In Süditalien bezeichnet man die Erkrankung als „*calda fredda*“ und „*secca molla*“. Eine ähnliche Ursache (durch Salz) hat sicher auch das 1923 zu beobachtende Überhandnehmen mancher Unkräuter, so besonders des Hederich, *Raphanus raphanistrum*, in den der Versalzung ausgesetzten Senken in den Niederungen an der Unstrut.

Am allerschädlichsten wird das Aussauern bei der Winterölsaat, speziell bei dem Raps. Die Wurzeln desselben verfaulen bei andauernder Nässe von der Spitze aus, so daß im Frühjahr nur noch der Wurzelhals und die Blattrosette übrigbleiben, die so lange gesund erscheinen, als die feuchte Frühjahrswitterung das Austrocknen verlangsamt. Gar bald indes werden die Pflanzen braun und lassen sich an einem Blatte aus dem Boden ziehen.

Zur Erklärung des Umstandes, daß bei dauernder Bodennässe die Vegetationsdecke sich ändert, daß also Erscheinungen eintreten, wie die vorerwähnte Ausbreitung der Trespe bei Roggensaat, dient eine Untersuchung von E. Freiberg und A. Mayer[1]). Dieselbe ergab, daß das Sauerstoffbedürfnis bei den Wurzeln der Sumpfpflanzen viel geringer als bei denen unserer Kulturpflanzen ist. Damit zeigt sich, wie von vornherein zu vermuten, daß die einzelnen Pflanzenarten ganz verschiedene Ansprüche an den Sauerstoffgehalt der Bodenluft stellen und sich demnach mit ihrer Ansiedlung nach den gebotenen Verhältnissen richten müssen. Aus den Versuchsergebnissen läßt sich aber noch eine Andeutung entnehmen, die im allgemeinen zur Beurteilung der Ansprüche dienen kann, welche die verschiedenen Pflanzen mit dem Luftbedürfnis ihres Wurzelkörpers an die Bodenart stellen. Es zeigt sich nämlich, daß das Sauerstoffbedürfnis der Pflanze für ihre Atmungsfähigkeit um so größer ist, je größer der Stickstoffgehalt der Pflanze ist. Die Sumpfpflanzen zeigen einen auffallend geringen Stickstoffgehalt und lockeren inneren Bau, der das Speichern großer Luftquantitäten im Innern des Leibes gestattet und auf eine Erleichterung der internen Atmung schließen läßt. Die eigentlichen Wasserpflanzen atmen in geringer Intensität wie die Landpflanzen, wie Böhm bei Versuchen in einer Wasserstoffatmosphäre durch Messung der infolge innerer Verbrennung gebildeten Kohlensäure gefunden[2]). Da man wohl annehmen kann, daß die Atmungsgröße der Pflanze von der Menge Eiweiß bestimmt wird, die im Körper zur Verbrennung gelangt, so wird bei unseren stickstoffreichen Kulturpflanzen das Sauerstoffbedürfnis des Wurzelkörpers am größten sein und daher diejenigen Bodenarten die geeignetsten, welche diesem Bedürfnis neben den anderen Anforderungen am vollkommensten genügen. Dies sind die nährstoffreichen, lockeren und gelockerten Äcker mit lebhafter Tätigkeit der Regenwürmer usw.

Den Ländereien also, welche durch Krustenbildung bei Regen oder Verschlämmung bei Überschwemmungen immer wieder dem Sauerstoffmangel ausgesetzt sind, wird durch entsprechende Änderung ihrer physikalischen Eigenschaften aufgeholfen werden müssen. In den Fällen von Versauern dagegen, bei welchen der Luftabschluß nicht durch die physi-

---

[1]) E. Freiberg u. A. Mayer, Über die Atmungsgröße bei Sumpf- und Wasserpflanzen. Landwirtsch. Versuchsstationen 1879, S. 463.

[2]) Böhm, Über die Respiration von Wasserpflanzen. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien, 1875, Maiheft.

kalische Beschaffenheit zur Notwendigkeit wird, sondern bei denen nur übermäßige Wasserzufuhr die an sich großen Bodenräume füllt, wird man an Entfernung des Wassers gehen müssen. Hier sind dann tiefe Dränage oder mindestens 120 cm tiefe Abzugsgräben, die den Grundwasserspiegel so weit senken, die empfehlenswertesten Vorbeugungsmaßregeln. Die Herstellung einer so tiefen durchlassenden Schicht wird darum notwendig, weil manche Hülsenfrüchte, wie Luzerne und Esparsette, mit ihren tiefgehenden, nur spärlich mit Fibrillen besetzten Wurzeln meist absterben, sobald sie auf Grundwasser kommen.

Das Versauern der Topfgewächse.

Das Versauern der Topfgewächse zeigt sich vorzugsweise bei Anwendung humoser Erden. Wenn das Abzugsloch des Blumentopfes verstopft ist und übermäßiges Begießen durch ungeübte Arbeiter stattfindet, sterben die Wurzeln der Topfgewächse oft schnell vollständig ab, indem sie braun und weich werden. Als äußeres Zeichen des Beginns der Spitzenfäule an den Wurzeln ist meist ein starker Blattfall, von unten an den Zweigen beginnend, zu konstatieren, der bei fortgeschrittenem Stadium bis fast zum völligen Verkahlen führen kann, dem dann Eintrocknen folgt.

Aber auch bei geschickter Kultur und sachgemäßer Behandlung tritt allmählich eine Veränderung der Erde ein. Um eine ausgiebige Durchlüftungsmöglichkeit sicherzustellen, verwenden die Gärtner mit Vorliebe Humuserden, in denen die Struktur der Pflanzenteile, die die Erde bilden, noch gut erhalten ist, also Torf (besonders *Sphagnum*-Torf), in dem die Moose und Reste der Sumpfpflanzen noch deutlich kenntlich sind, Lauberden mit guterhaltenen Blatt- und Zweigstücken usw. Diese stückigen Erden lassen in ihrem Innern ziemlich große Räume, die sich beim Gießen mit Wasser füllen; die kohlensäurereiche Luft wird also daraus verdrängt, und beim Wiederaustrocknen des Topfes tritt wieder sauerstoffreiche Luft von außen hinein. Der stückige Aufbau der Erde bewirkt zugleich, daß das überschüssige Wasser bald absickert, nicht stagniert, und daß beim Austrocknen sich in allen Teilen des Topfes ein annähernd gleicher Grad von Feuchtigkeit zeigt. Allmählich aber geht die Struktur der einzelnen Teile der Erde verloren; die Humusteile werden dichter und dichter. Die größeren Zwischenräume verschwinden, die Erde nimmt eine mehr und mehr amorphe Form an; die gleichmäßige Durchlüftung hört, besonders im Innern, bald auf. Auch der Wasserausgleich wird immer langsamer, so daß schließlich der Topf an der Oberfläche schon staubig-trocken sein kann, während er im Innern noch schmierig-naß ist. Schon dieser Zustand ist für die Wurzeln empfindlicherer Pflanzen ungünstig genug; die im Innern des Topfes sterben ab, und alle tätigen drängen sich an den porösen Außenwänden zusammen.

Den Unterschied zwischen dem gut durchlüfteten strukturreichen Humusboden[1]) und dem strukturlos gewordenen kann man am besten klarlegen, wenn man die Eigenschaften der gärtnerisch wertvollsten und der minderwertigsten Humuserden, wie sie sich in der Natur finden, betrachtet: des schon erwähnten Hochmoor- (*Sphagnum*-) Torfes und des

[1]) Vgl. Graebner, Heide- und Wiesenmoortorf und andere gärtnerisch wichtige Kulturerden. Jahresber. Flora, Dresden 1901/02.

Niederungs- oder Wiesenmoortorfes. Die bekannten Eigenschaften des Sphagnumtorfes haben denselben zu einem gesuchten Handelsartikel gemacht. Die Vorteile des Materials bestehen in seinen lockernden Eigenschaften. Die Erfolge bei der Kultur der Ericaceen veranlaßten, den häufig fälschlich auch als Heideerde bezeichneten Torf als lockernde Substanz den schwereren nahrhaften Bodenarten beizumischen, und auf diese Weise ist er als notwendiger Bestandteil der Erdmischungen für die Mehrzahl der feineren gärtnerischen Kulturpflanzen eingeführt worden. Der anatomische Bau des Sphagnumblattes bedingt eine große Lockerheit, schnelle Durchtränkung mit Wasser und ebenso schnelle Durchlüftung des Topfballens. Bekannt sind die vorzüglichen Kulturerfolge mit Sphagnum bei Orchideen. Von den faserigen, mit Resten von *Vaccinium* und anderen Heidepflanzen durchzogenen, dem Waldboden entnommenen Heideerden wird man nur dann gute Erfolge erzielen, wenn man den Rohhumus entfernt und die halb verwesten Schichten verwendet. Die dunkle Farbe des Wiesenmoortorfes verführte öfter zu der Meinung, eine recht nahrhafte Erde vor sich zu haben. Die Folgen des Fehlgriffs sind auch nicht ausgeblieben. Die Klagen der Gärtner über „saure Heideerden" sind fast allgemein, und der Rückgang einer Anzahl beliebter Kulturen, wie z. B. der sogenannten Neuholländer und der „Kappflanzen", ist bei falsch gewählter Erde unaufhaltsam.

Dort, wo Wiesenmoorerde als Beimengung zur Erdmischung für Topfgewächse benutzt wurde, machten sich dessen Eigenschaften schnell kenntlich. Im trockenen Zustande erscheint dieser Moorboden leicht zerreiblich und zerfällt pulverig oder bleibt auch krustig; bei Befeuchtung aber wird er schmierig und verkittet die anderen Erdpartikelchen zu luftarmen Massen. Da der dunkle Wiesenmoorboden sich stark erwärmt, so trocknen die obersten Schichten der Blumentöpfe leicht aus; sie werden heller und erwecken die Meinung, daß der ganze Topfballen trocken sei und begossen werden müsse. Darin liegt das Verhängnisvolle. Denn gerade Wiesenmoor täuscht wie kein anderer Boden. Wenn man im Freien solche Moore untersucht, findet man oft unter der staubigen Oberfläche in einer Tiefe von wenigen Zentimetern bereits den schmierigen Zustand wieder, da die äußerst bindige Substanz das Wasser ungemein festhält. Die Topfkulturen gehen deshalb schon aus Sauerstoffmangel der Wurzeln zugrunde, selbst wenn man die Humussäuren nicht in Betracht ziehen wollte. Letztere spielen aber eine verhängnisvolle Rolle, und sie sind es, die auch die Verwendung von lockerer, faseriger Heidemoorerde in vielen Fällen schädigend wirken lassen.

Die Erscheinungen bei dem allmählichen Verlust der Bodenstruktur und der daraus resultierenden Stockung der Boden- und Pflanzentätigkeit lassen sich am besten ermessen, wenn man einmal den Boden eines mit einer gesunden Pflanze besetzten Blumentopfes während der Vegetationszeit mikroskopisch betrachtet. Was für ein reges Wirtschaften entfaltet sich da im Boden. Von der Krume aus bis (bei Laub- und Heideerde) auf den Topfgrund begegnet man Resten von Blättern und Stengeln, an denen vielfache Arten der sogenannten Schimmelformen in sterilen Myzelrasen oder mit ausgebildeten Konidienformen ihr Zersetzungswerk ausüben. Je nach der Natur der Pflanzenreste findet man abwechselnd *Sepedonium* (*chrysospermum*?), *Verticillium ruberrimum* oder *Penicillium glaucum*. *Acremonium*, *Acrocylindrium*, *Cladosporium penicillioides*, verschiedene

Arten von *Fusarium* u. a. m. Auf der Oberfläche kommen bisweilen noch viele andere, namentlich die luftbedürftigeren Gattungen gemeinschaftlich mit lebenden Diatomeen und anderen Algenformen vor. Am tiefsten hinein gehen die Schizomyzeten. Man findet Stärkekörnchen und Plasmareste von strahlig angeordneten Kolonien von Stäbchenbakterien umgeben, und auch auf kristallinischen Splittern sind manchmal Bakterienkolonien angesiedelt. All dies rege Leben arbeitet an der Zerstörung der Pflanzensubstanz und befördert die Sauerstoff beanspruchenden Prozesse, die wir als Verwesung bezeichnen, und all dies rege Leben wird durch die allmähliche Verkleinerung und das schließliche Verschwinden der großen Bodenporen aufgehoben oder in andere, schädliche Bahnen geleitet, die in die Reihe der Fäulniserscheinungen, also der Zersetzung bei Sauerstoffabschluß, gehören und natürlich Säuren erzeugen müssen. Es entstehen saure Verbindungen aus der immer noch wenig gekannten Reihe der Humusträger und jedenfalls auch freie Säuren. Ist Eisen im Boden, so können die unschädlichen Eisenoxydsalze zu den schädlichen Oxydulsalzen reduziert werden, da bei der Überfüllung der Bodenräume mit Wasser empfindlicher Sauerstoffmangel eintreten muß. Jeder Boden hat außer seinem Bakterienbestande auch seine mykologische Flora, die an der Zersetzung der organischen Substanzen arbeitet und, wie es nach Oudemans und Koning[1]) scheint, annähernd typisch für bestimmte Bodenarten ist.

Man kann bei den Topfkulturen den Beginn einer Stagnation schon voraussetzen, wenn man sieht, daß die Oberfläche des Bodens sich mit einer auch dem Topfrande fest ansitzenden, harten, weißen oder rötlich gefärbten Kalkkruste überzieht. Daß die Inkrustierung der obersten Bodenschicht der Töpfe und des Topfrandes vorzugsweise durch kohlensauren Kalk erfolgt, ersieht man aus der ungemein reichen Kohlensäureentwicklung bei Zusatz von Essigsäure.

Auch kohlensaure Magnesia und kohlensaures Eisenoxydul, das später durch Oxydation als Eisenoxydhydrat verschiedene Färbungen der Krusten erzeugt, werden angetroffen. Nach dem mikroskopischen Befunde scheinen auch schwalbenschwanzförmige Kristalle des Gipses und Oktaeder des oxalsauren Kalkes sowie in Essigsäure lösliche rhombische Formen von phosphorsaurem Kalke aufzutreten. Diese letztgenannten Salze sind nicht immer und nie in großen Mengen nachweisbar; dagegen sind der kohlensaure Kalk und wohl auch die kohlensaure Magnesia nebst feinsten Quarzsandkörnchen die steten Materialien der Krusten, zwischen denen anfangs noch eine reiche Pilzvegetation mit Konidienbildung auf den Humusbestandteilen wahrnehmbar ist. Die Entstehung dieser Krusten ist dadurch zu erklären, daß das bei dem Begießen in großen Quantitäten gegebene Wasser sich mit der durch den Verwesungsprozeß reichlich erzeugten Kohlensäure innerhalb der Bodenzwischenräume beladet. Dadurch wird das Wasser ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für den im Boden vorhandenen einfach kohlensauren Kalk und die Magnesia, für phosphorsaures und kieselsaures Eisenoxyd usw.

Je schneller bei gutem Abzuge des Blumentopfes das überschüssige Wasser ablaufen kann, desto weniger Mineralien werden gelöst und fort-

---

[1]) Oudemans, C. A. J., et Koning, C. J., Prodrome d'une flore mycologique obtenue de la terre humeuse du Spanderswoud etc. Archiv. néerland.; vgl. Z. f. Pflanzenkr. XIII (1903), S. 60.

geschwemmt. Bleibt dagegen das Wasser im Topfe, und ist es einmal mit dem Kalk, der als doppeltkohlensaurer gelöst ist, reichlich versehen, so ist kein anderer Weg zur Entfernung vorhanden als der der Verdunstung. Es verdunstet nun von der wassergesättigten Oberfläche des Topfes und, falls die Poren der Topfwände nicht durch grüne, schleimige Algenvegetation verschlossen, auch durch die Topfwandungen hindurch langsam diese Wassermasse, wobei sie die gelösten Stoffe zurückläßt. Die „Töpfe beschlagen". Der Kalk bleibt als einfach kohlensaurer Kalk zurück, wie am Rande eines Kochtopfes, in welchen kalkhaltiges Wasser zum Kochen gebracht worden ist.

Hiermit ist die Nützlichkeit der in der Praxis angewendeten Vorgänge der Fürsorge für guten Wasserabzug am Topfgrunde, durch Scherben usw., des häufigen Abwaschens der Blumentöpfe und auch des Auflockerns der Bodenoberfläche erwiesen.

Laien haben bei der zunehmenden Sucht, alles durch Düngung zu erzielen, auch vielfach versucht, den in vergossenen Töpfen stehenden Pflanzen durch Zuführung verschiedenartiger Düngungsmittel wiederum aufzuhelfen, ohne die Hauptaufgabe, nämlich die Herstellung genügender Bodenventilation, zu erfüllen. Die Pflanzen haben sich dabei nicht nur nicht verbessert, sondern sind durch den Überschuß an Nährstoff um so schneller zugrunde gegangen. Umpflanzen der Gewächse zur Zeit der beginnenden Vegetation in möglichst sandige luftige Erde und Anregung der geschwächten Pflanze zu erhöhter Produktion durch Zuführung von Wärme zu den Wurzeln bleiben die besten Mittel.

Daß eine Düngung bei saurer Erde, also bei Gegenwart freier Humussäure, eher schädlich wie nützlich wirken kann, geht aus Eichhorns Untersuchungen hervor[1]). Humusreiche Erden, sagt der Verfasser, welche freie Humussäuren enthalten, machen aus Lösungen neutraler Salze Säure frei. Die hierdurch entstehende Säuerung ist stärker als ohne die Mitwirkung dieser Salze. Düngungen mit neutralen Salzen werden daher in solchen Bodenarten die Säuren vermehren. Dasselbe findet statt mit phosphorsaurem Kalk oder einem Phosphat überhaupt, wobei Phosphorsäure oder phosphorsaurer Kalk in Lösung gehen; Zusätze von neutralen Kalisalzen, besonders schwefelsauren Alkalien, begünstigen die Zersetzung. Ist die Humussäure an Basen gebunden, so tritt eine solche Säuerung nicht ein. Zufuhr von Mist, Jauche usw. werden bei derartigen Aufschließungen nur Nachteile bringen und sind ebenso zu vermeiden wie mergelige Erden.

Befördert wird der Eintritt des Versauerns der Topfgewächse vielfach durch den

Gebrauch der Topfuntersätze.

Bei der Zimmerkultur ist der Gebrauch von Topfuntersätzen allgemein. Betreffs Erhaltung der Reinlichkeit der Fensterbretter und Blumentische ist der Topfuntersatz notwendig; für die Kultur ist er meistens schädlich. Gleichviel, ob man die Töpfe von oben begießt oder sie durch Einfüllen von Wasser in den Untersatz von unten bewässert, so wird doch fast stets eine Ansammlung von überflüssigem Wasser die Folge sein. Viele Liebhaber halten diesen Zustand sogar für ersprießlich. Die Folgen aber sind ein Ersticken der Wurzeln am Boden des Blumen-

[1]) Landwirtsch. Jahrbücher 1877, S. 957.

topfes. Die Wurzelfäulnis setzt sich allmählich nach oben fort und macht sich schließlich im Absterben der Blätter vom Rande her kenntlich. Wenn diese Symptome auftreten, ist in der Regel die Pflanze für den Liebhaber verloren. Der Gärtner kann die erkrankte Pflanze oftmals erhalten. Für den Liebhaber, der ein Warmbeet nicht zur Verfügung hat, empfiehlt sich das Einpflanzen des kranken Stockes in reinen Sand und Aufstellen desselben in warme, halbschattige Lage.

7. Krankheiten in Rohhumusböden.

Im allgemeinen Teile ist S. 108 bereits eine Tabelle gegeben, die zeigt, wie stark eine wenige Zentimeter dicke Schicht von reinem Rohhumus luftabschließend wirken kann. Als recht typisches Beispiel einer



Abb. 29. Normale Bewurzelung der Kiefer im luftreichen Sandboden. Oben flachstreichende Wurzeln, aus diesen senkrecht in die Tiefe gehende. Urwald von Bialowies. (Graebner.)

Massenerkrankung durch Rohhumus sei hier die Untersuchung wiedergegeben, die Graebner über einen absterbenden Fichtenbestand in der Heide im Schutzbezirk Wolthöfen bei Lübberstedt veröffentlicht hat[1]). Das äußere Krankheitsbild, welches sich bei der Ende März vorgenommenen Untersuchung ergab, war etwa folgendes: Ein großer Prozentsatz der Bäume des etwa 40—65jährigen etwa 20—35 m hohen Bestandes zeigte eine mehr oder weniger starke Bräunung der Nadeln, und zwar vorzugsweise der in der Nähe der Triebspitzen stehenden; zahlreiche

[1]) Graebner, Beiträge zur Kenntnis nichtparasitärer Pflanzenkrankheiten forstlicher Holzgewächse. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, XXXVIII (1906), S. 705ff.

Bäume waren bereits völlig braun[1]). Das Ablösen der Rinde ergab bei diesen, daß sie schon ganz abgestorben waren. Diejenigen Bäume aber, bei denen die Bräunung der Nadeln noch nicht so weit fortgeschritten war, bei denen nur ein gewisser Teil der Nadeln abgetötet erschien, besaßen lebendes Kambium, welches, wie bei einer Reihe von Exemplaren konstatiert werden konnte, im größten Teile des Umfanges sich als sehr saftreich erwies, während auf der Südseite sich die Rinde nur schwer und stückweise ablösen ließ, das Kambium hatte also hier eine entschiedene Schädigung durch Wasserverlust erlitten. Beim Ausroden der Bäume,



Abb. 30. Auf Branderde nur in der Oberflächenschicht wurzelnde Kiefern. Urwald von Bialowies. (Nach Schottler.)

die in einem wenig luftreichen, feuchten, feinsandigen Boden standen, der aber mit einer 10 bis etwa 20 cm dicken Schicht von Fichtenrohhumus bedeckt war, zeigte sich, daß in einer Tiefe von etwa 40 cm sämtliche Wurzeln abgestorben waren, zum Teil anscheinend schon längere Zeit, und daß die stärkeren der oberen flachstreichenden Wurzeln neben einer sehr auffälligen brettartigen Entwicklung äußerlich nichts Krankhaftes erkennen ließen.

Beim Aufschneiden der Stämme in der Längsrichtung durch einen Sägeschnitt, der die abgestorbenen Hauptwurzeln und den Stamm hal-

[1]) Auf den abgefallenen Nadeln wurde später der Fichtenschüttepilz, *Lophodermium macrosporum*, durch C. A. Weber nachgewiesen.

bierte, ließen sich schon mit bloßem Auge mehr oder weniger deutliche Wachstumsstörungen und Verfärbungen gewisser Jahresringe erkennen. Im Stammlängsschnitt traten der sechste, siebente und achte Jahresring (von außen gerechnet) oder doch zwei von ihnen mehr oder weniger deutlich hervor, namentlich das Herbstholz war schon makroskopisch als gelber Streifen sichtbar. Es war diese Veränderung veranlaßt durch eine

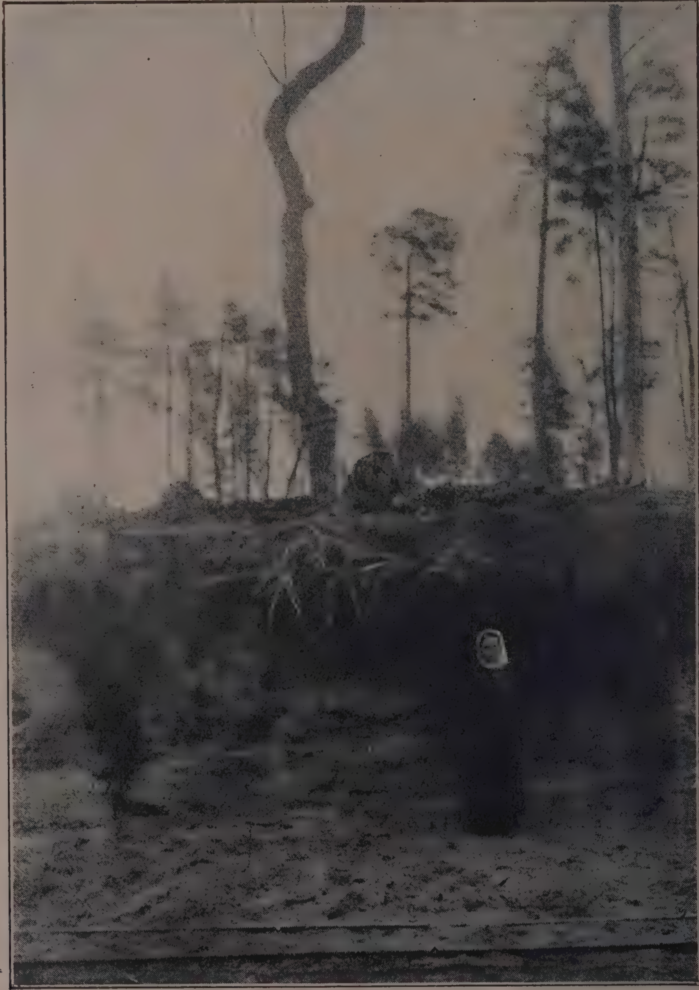


Abb. 31. Eichen ohne Pfahlwurzeln auf kiesiger Branderde. Urwald von Bialowies. (Nach Schottler.)

starke Verharzung, und zwar verschieden, entweder lediglich durch die Ausbildung zahlreicherer Harzgänge oder namentlich an einzelnen Teilen durch die Infiltration eines Teiles der Tracheiden mit Harz. Letzteres zeigte zumeist der sechste Jahresring von außen am deutlichsten und stärksten. Das Holz der äußersten vier bis sechs, zumeist fünf Jahresringe ließ keine solche starke Abgrenzung des Herbstholzes vom Früh-



Abb. 32. Fichtensturz im Bialowieser Urwald. Fichte im Rohhumus ganz oberflächlich wurzelnd. (Nach Schottler.)



Abb. 33. Fichtensturz Abb. 32 von unten gesehen; die flachstreichenden Wurzeln zeigend. (Nach Schottler.)

jahrholze erkennen, dagegen war das ganze Holz scheckig und namentlich durch zahlreiche kürzere braune Streifen sehr auffällig gezeichnet. Die Untersuchung ergab neben einer sehr verschiedenartigen Ausbildung der betreffenden Jahresringe selbst, von der später die Rede sein wird, zunächst eine sehr starke Ausbildung der Harzkanäle, und zwar nicht nur eine Vermehrung der Zahl, sondern besonders eine auffällige Vergrößerung ihrer Lumina; dazu war ein erheblicher Bruchteil der Markstrahlen von Harz durchtränkt, war also augenscheinlich abgestorben. Sehr häufig verlief neben einem völlig normalen Markstrahl, der Öl enthielt, ein ganz von Harz gelb gefärbter. In diesen letzteren waren nicht selten neben dem Harz auch noch Öltropfen bemerkbar. In den innersten dieser Jahresringe war das Harz mitunter bereits mehr oder weniger verdichtet.

Verfolgte man nun diese äußeren vier bis sechs Jahresringe vom Stamm abwärts in die Wurzel, so fand man bald ihr Aufhören am An-



Abb. 34. Fichten von Wolthöfen bei Lübberstedt. — Der linke Baum mit stark exzentrischen oberflächlich streichenden Wurzeln. — Der rechte Baum läßt (besonders rechts) das Aufhören der außerhalb der durch die Verharzung deutlich sichtbaren Jahresringe liegenden Jahresringe bald unterhalb (oberhalb) der rechts abgehenden Seitenwurzeln erkennen. Ein weiterer Jahresring hört (im Bilde) etwa 1,5 cm höher auf. Die Pfahlwurzel ist gänzlich verharzt. (Graebner.)

fange der abgestorbenen Hauptwurzel in einer Tiefe von etwa 2 bis 3 dm (Abb. 34), in einem Falle sogar schon bei 14—16 cm unter dem oberen Rande des Ansatzes der obersten Nebenwurzel. Der innerste derselben, zumeist der fünfte, endigte am Grunde in einem unregelmäßig ausgezackten, wulstigen Rand, der die alte Rinde gelüftet hatte. Dieser Rand erwies sich als typisches Wundholz, wie es sich bei der Fichte überall ausbildet, wo kambiale Zellen einen Abschluß hervorbringen wollen, es ist ganz durchsetzt von Harzkanälen. Vöchting[1]) fand bis etwa siebenmal so viel Harzgänge als in normalem Holze. Der Versuch der Pflanze, den durch das Absterben des unteren Wurzelteiles geschaffenen Wundrand dadurch zu überwallen, ist aber meist von ziemlich geringem Erfolge gewesen, denn

[1]) Transplantation im Pflanzenkörper. Tübingen 1892, S. 139.

die nächstfolgenden Jahresringe endigen bereits einige bis mehrere Zentimeter höher, nur in einem Falle hatte der Überwallungswulst und die sich schräg nach oben ansetzenden folgenden Jahresringe Rinde zu erzeugen vermocht und waren bis zum Fällen des Baumes lebend geblieben. Der nächstinnere Jahresring endigte meist 1—2 dm unterhalb.

Im unteren Teile dieser aufhörenden Jahresringe ließen sich bald weniger, bald zahlreichere Tracheiden bemerken, die geschwärzte Wandungen zeigten und unmittelbar an gesunde Zellen grenzten. In einem Falle ließ sich die Erscheinung bis etwa $^3/_4$ m über die Erdoberfläche hin genau verfolgen. Die Schwärzung und die damit verbundene Abtötung der Zellen geschieht dadurch, daß beim Absterben der Wurzel im Kambium zunächst teilweise, dann ganz der sehr saftreiche eiweißführende Inhalt zersetzt wird und verfault und daß dann die dadurch gebildete giftige Flüssigkeit in die Leitungsbahnen gesaugt wird (vgl. oben bei Zutiefpflanzen S. 130ff.).

Die nächsten Jahresringe, die nach dem Absterben der Wurzel angelegt worden waren, lassen zunächst die sehr energische Schwächung des ganzen Baumes erkennen. An den Seiten des Stammes, an denen sich am Grunde keine starke Nebenwurzel abzweigte, waren drei, mitunter auch vier ganz enge Jahresringe zu sehen, wo aber eine solche starke Wurzel entsprang, war bereits der zweite oder dritte Jahresring wieder ziemlich dick. Dadurch entstand natürlich ein stark exzentrisches Dickenwachstum des Holzkörpers. Während die normalen Jahresringe allein über 40 Zellagen Herbstholz aufwiesen, verhielt sich die Ausbildung des Holzes während der Schwächeperiode folgendermaßen:

Frühjahrholz	Herbstholz
11 Zellagen	15—16 Zellagen
10 ,,	9 ,,
11 ,,	8 ,,
12 ,,	13 ,,

Das gesamte Holz dieser Jahresringe und auch das der nächst jüngeren war außerdem durch die starke Ausbildung der Harzkanäle ausgezeichnet, häufig die weiten Harzgänge nur durch etwa 15 Tracheiden voneinander in der Tangentialrichtung geschieden. Die Lumina der Harzgänge erreichten eine Größe von etwa 10 Tracheidenzellen (Herbst) Durchmesser. Wie bemerkt, setzte sich die eigenartige Struktur des Holzes, die sich durch die zahlreichen braunen Streifen schon makroskopisch sehr bemerkbar macht, bis in die jüngsten Jahresringe fort. Die Veranlassung zu diesem von den normalen Pflanzen abweichenden Bau ist wohl in der starken Schwankung der Wasser- und Nährstoffzufuhr durch die oberflächlich streichenden Wurzeln zu suchen.

Das Verhältnis der Dicke der abgestorbenen tiefergehenden Wurzeln zu dem des Stammkörpers ist naturgemäß danach verschieden, ob eine Pfahlwurzel, die ja bekanntlich bei der Fichte zumeist verhältnismäßig schwach entwickelt ist, kräftiger ausgebildet war oder nicht. War eine einzelne stärkere Herzwurzel vorhanden, so ging das Absterben schnell vor sich, der Eingriff in den Pflanzenkörper war also sehr energisch. In einem Falle maß der Holzteil der abgestorbenen Wurzel im Querschnitte 8 cm, während der Holzkörper des Stammes damals nur 9—12 cm stark war. Daß der Verlust einer solchen Wurzel einen außerordentlich schwächen-

den Einfluß auf die ganze Pflanze haben mußte, liegt ja ohne weiteres auf der Hand, und es ist eigentlich zu verwundern und wohl nur durch die Feuchtigkeit des Klimas zu erklären, daß nicht ein sofortiges Eingehen des Baumes die Folge war. War die Hauptwurzel nun aber mehr oder weniger reich verzweigt, d. h. entließ sie in einigen Dezimetern Tiefe eine Anzahl von Seitenwurzeln, so bildete sich die Krankheit ziemlich langsam aus, da die Hauptwurzel dann nicht so plötzlich abstarb, sondern mit der allmählich erfolgenden von unten nach oben fortschreitenden Abtötung ihrer Seitenwurzeln zugrunde ging.



Abb. 35. Analyse einer flachstreichenden Nadelholzwurzel. Bedeutung der Buchstaben siehe Text. (Graebner.)

In jedem Falle aber war die auffällige Kräftigung der oberen flachstreichenden Seitenwurzeln zu konstatieren. Wie schon bemerkt wurde, zeigten diese alle eine deutlich brettartige Ausbildung. Der senkrechte Durchmesser war um das Mehrfache größer als der horizontale (Abb. 34). An dem obenerwähnten Baume z. B., der die starke Hauptwurzel verloren hatte und zur Zeit der Fällung (im März 1905) einen Holzkörper des Stammes von 11 bis 14 cm Dicke aufwies, zeigte die stärkste obere Seitenwurzel vor dem Absterben (etwa 5 cm von der Hauptwurzel entfernt) einen größten Durchmesser von 3,2 cm. Es lassen sich hier deutlich 22 ganz enge Jahresringe unterscheiden, dann folgt eine Periode stärkeren Zuwachses. Zwei (bei anderen drei) Jahresringe sind erheblich breiter, der nächste Jahresring ist dann wieder ganz eng; es ist derselbe, der nach dem Absterben der Hauptwurzel angelegt wurde, auch im Stamme ganz schmal ist und den Zeitpunkt der Krisis darstellt. Die späteren Holzringe sind dann ganz außerordentlich groß, und die Wurzel besaß zur Zeit der Fällung einen Holzkörper (5 cm von der Hauptwurzel entfernt) von 6 cm größtem Durchmesser von oben nach unten und einen Querdurchmesser von 3 cm an der dicksten Stelle. Der Hauptzuwachs geschah an der oberen Hälfte des Wurzelquerschnittes, so daß alle die oberen dicken Wurzeln ganz außerordentlich exzentrisch sind. Der älteste Jahresring (die Mitte) liegt ganz unten, und die Wurzel ist fast nur nach oder über der Oberfläche des Bodens gewachsen. Der Halbmesser von oben bis zum innersten Jahresringe betrug zuletzt 4,2 cm, also fast zwei Drittel. Die stärksten Seitenwurzeln sind allgemein die obersten.

Was nun die veränderten Vegetationsbedingungen betrifft, unter denen die Bäume nach dem Absterben der tieferstreichenden Wurzeln lebten, so ist da in erster Linie die jetzt viel ungünstigere Wasser- bzw.

Nährstoffzufuhr zu erwähnen. Während früher die größte Mehrzahl der Wurzeln sich in einigen Dezimetern Tiefe befand, also in einer Tiefe, in der stets, auch in trockneren Jahren, eine gewisse Feuchtigkeit dauernd erhalten bleibt, waren zuletzt alle Wurzeln unter 3—4 dm Tiefe vollständig abgestorben und das Gros der tätigen Wurzeln befand sich in etwa 1 bis 2,5 dm Tiefe. Daß hier die Feuchtigkeitsschwankungen ganz a ßerordentlich groß sein und alle Trockenperioden sich sehr deutlich bemerkbar machen müssen, ist klar. Die Folge war denn auch das intermittierende Wachstum der Wurzeln, welches Graebner bereits in seinem Handbuche der Heidekultur[1]) besonders von Heidekiefern mit flachstreichenden Wurzeln beschrieben hat. In den warmen Sommermonaten trocknet die Oberflächenschicht stark aus, und dazu kommt noch der starke Humusgehalt der oberen Bodenschicht, in der der Hauptteil der Wurzeln steckt.

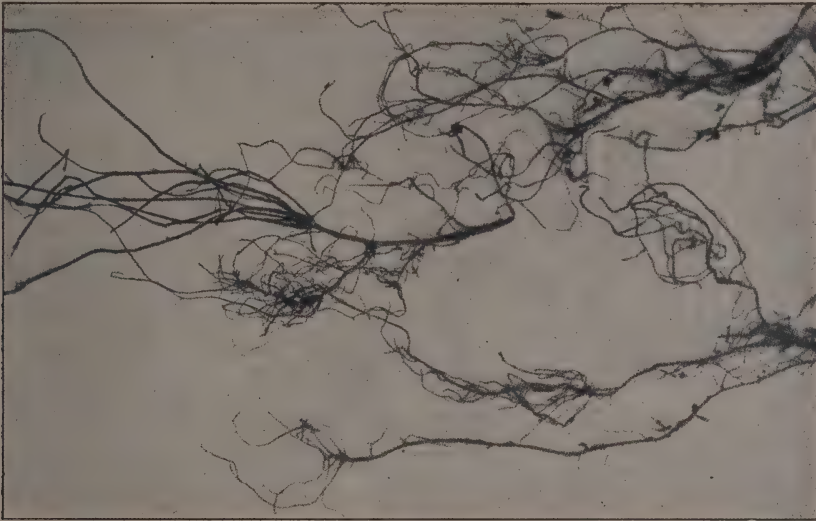


Abb. 36. Junge Nadelholzwurzeln aus Rohhumusschichten mit abgestorbenen und immer wieder erneuerten Wurzelspitzen; Lüneburger Heide. (Graebner.)

Während die Wurzeln aus Sandboden alles Wasser bis auf wenige Prozent herausziehen können, welken bekanntlich die Pflanzen in Humusböden bereits, wenn der Boden noch fast 50% Wasser enthält. Die Folge des Wassermangels in den Dürreperioden ist daher hier eine baldige Stockung des Wurzelwachstums, welche sich nach einiger Dauer in dem Absterben der Wurzelspitzen deutlich bemerkbar macht. Bei Eintritt feuchterer Witterung ist die Pflanze dann gezwungen, seitlich neue Wurzeln zu erzeugen, die die Spitze ersetzen müssen. Es werden dadurch ganze Systeme sympodialer Natur gebildet, wie sie auf Abb. 36 dargestellt sind. Auf Abb. 35 ist eine solche Wurzelspitze analysiert und ihre Verzweigungen festgestellt. (Die schwarzen Teile sind abgestorben.) Die Wurzel *a* war bei einer kürzeren Trockenperiode nur an der Spitze eingeschrumpft, sie trieb bei Wiedereintritt von Feuchtigkeit die Seitenwurzeln *b*, die aber bald durch eine stärkere Trockenperiode mit einem großen Stück der

[1]) Graebner, Handbuch der Heidekultur. Leipzig 1904, dort O. v. Bentheim.

Wurzel *a* zurücktrockneten. In der nächsten Regenperiode wuchsen aus der nun schon stark verharzten Wurzel *a* die Seitenwurzeln *c* hervor. Diese wurden wieder durch eine kurze Trocknis in ihrem Spitzenwachstum beeinträchtigt und erzeugten bald Seitenwurzeln *d*, die aber mit einem Stück ihrer Abstammungswurzeln bald wieder abstarben. Von diesen letzteren vermochte nun nur die Wurzel c^1 sich durch Wurzel *e* wieder zu verlängern; diese übernimmt dadurch die weitere Führung des Wurzelsystems, einige der Wurzeln *c* sind im unteren Teile noch lebend, aber anscheinend aus der Saftbahn fast ausgeschaltet. Durch diese Art der Verzweigung kommen die schließlich nur mit sehr wenigen lebenden, dabei zahlreichen kleinen toten Seitenwurzeln versehenen Wurzeln zustande, wie wir sie sowohl bei Fichten wie bei Kiefern so oft im Rohhumus finden. Gerade Nadelhölzer müssen durch solche Unterbrechung des Wurzelwachstums geschädigt werden, da sie ja nach den Untersuchungen von Arnold Engler[1]) nicht wie die Laubhölzer imstande sind, während der winterlichen Ruheperiode ihre Wurzeln erheblich zu verlängern, sondern dann auch an wärmeren Tagen in Ruhe bleiben. Wird nun ein solcherart geschwächter Bestand einer stärkeren Dürreperiode ausgesetzt, so bedeutet dies selbstredend für ihn eine erneute Krisis. Bei einer Untersuchung im März fand sich denn auch neben der eingangs erwähnten Rindentrocknis, daß nur in etwa 2 dm Tiefe noch einige bis zur Spitze lebende Wurzeln vorhanden waren, die meisten waren mehr oder weniger stark zurückgetrocknet, einige bis über 1 dm, bis über den Zuwachs des verflossenen Jahres hinaus. Eine Neubildung von Seitenwurzeln hatte bis dahin nicht stattgefunden.

Die fortwährende Verlegung der Wurzeltiefe muß für den Baum naturgemäß Schädigungen verschiedener Art mit sich bringen. Zunächst wird alljährlich sowohl das aufsteigende Rohmaterial als auch das plastische andere Wege geleitet, der Hauptsaftstrom tritt an anderer Stelle aus dem Stamme aus und ein. Dazu bedeutet die Ausschaltung der unteren Wurzeln und ihr Ersatz durch neue, sehr stark in die Dicke und Länge wachsende einen übermäßig großen Verbrauch plastischen Materials. Dies ist sicher der Grund für die häufig große Schwäche und Anfälligkeit solcher unter und neben alten Fichtenbeständen aufwachsenden jugendlichen, auf die schon früher hingewiesen wurde. Das außerordentlich flache Streichen der hauptsächlich tätigen und der langen Wurzeln in dem lockeren Nadelschutt, in den sich oft Moose einmischen, bedingt die außerordentlich geringe mechanische Befestigung der Bäume im Boden, die selbst im jugendlichen Alter nicht selten von den Stürmen geworfen werden, und die man, selbst wenn sie weit über Manneshöhe erreicht haben, an besonders typischen Standorten leicht aus dem Boden ziehen kann.

Ist der alte Bestand abgestorben, vom Winde geworfen oder abgeholzt, so geht zunächst ein Umwandlungsprozeß mit dem jetzt freiliegenden Humus vor sich; er fängt selbst in seiner Oberfläche an, sich mehr zu verdichten, bis fast obenhin die schädliche Form des Rohhumus anzunehmen, die er bisher nur in seinem unteren Teile besaß, und wie er in verschiedenster Weise sich bei Kahlschlägen fast aller Baumarten bildet und oben S. 108 beschrieben wurde. — Der Hauptnadelschutt hört auf mit der Entfernung der alten Stämme, und der junge Nachwuchs wird dadurch der Arbeit der stetigen Verlegung der Wurzeltiefe enthoben. Die

[1]) Arn. Engler, Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitt. Schw. Centr. forstl. Versuchsw. VII.

jetzt erst aufwachsenden jungen Fichten oder Kiefern werden sogleich ihr Hauptwurzelwerk in einer bestimmten Tiefe unter der Oberfläche ausbreiten, oder die aus der Zeit des alten Bestandes erhalten gebliebenen werden die jetzt hauptsächlich tätigen Wurzeln stark verdicken und verlängern. Entsprechend der Dichtigkeit und Luftundurchlässigkeit des Rohhumus wird die durchschnittliche Wurzeltiefe sehr gering sein, häufig bei jüngeren Pflanzen zweiter Generation kaum 1 dm. Charakteristisch ist weiter, daß die Anflugfichten und -kiefern auf Rohhumus häufig eine größere Zahl annähernd gleichstarker Wurzeln entsenden, die gleich in der Nähe der Oberfläche ein dichtes Wurzelwerk erzeugen (vgl. Abb. 37)[1]. Je flacher die Wurzeln im Durchschnitt streichen, desto mehr von ihnen müssen naturgemäß bei richtigem Abstande der Gehölze voneinander in einer dünnen Wurzelschicht verteilt sein. d. h. desto mehr müssen die einzelnen



Abb. 37. Junge im Fichtenhumus aufgegangene Fichten in der Lüneburger Heide; der Maßstab in Dezimetern. (Graebner.)

Wurzeln sich einander nähern, desto geringer ist die Bodenmasse, die jeder einzelnen Wurzel für ihre Tätigkeit zur Verfügung steht. Bei der außerordentlich geringen Wurzeltiefe der jungen Fichte im Fichtenrohhumus wird daher die Wurzelkonkurrenz (vgl. S. 125ff.) schon bald eine große Rolle spielen. Graebner hat in seinem Lehrbuch der Formationsbiologie usw.[2]) und auch oben darauf hingewiesen, daß überhaupt bei reinen Beständen die Wurzelkonkurrenz naturgemäß eine viel größere Rolle spielen muß als bei gemischten. Jede Baumart hat in jedem Boden eine bestimmte Wurzeltiefe, die Wurzeln werden da, wo sie für den betreffenden Baum das Optimum der Ernährung, die besten Durchlüftungs-, Feuchtigkeits- und Nahrungsbedingungen finden, sich am reichsten verzweigen, dort werden sie den Boden am meisten durchsetzen, am gleichmäßigsten durchziehen, ihn am kräftigsten ausnutzen, sich deshalb gegen-

[1]) Vgl. auch Graebner, Pflanzenwelt Deutschlands, S. 211, Abb. 93.
[2]) Die Pflanzenwelt Deutschlands. Leipzig 1909.

seitig, besonders in Zeiten der Trocknis, am meisten Konkurrenz machen. Jede Gehölzart wird so tief in den Boden eindringen, als für ihre Ansprüche Luft genug zur Atmung im Boden vorhanden ist, bzw. bis zu der Tiefe, wo es ihr in der betreffenden Bodenart noch möglich ist, den durch Atmung der tätigen Wurzeln verbrauchten Sauerstoff wieder zu ergänzen. Je tiefwurzelnder ein Gehölz nun ist (wie etwa die Buche), desto weniger wird sich in den Beständen die Wurzelkonkurrenz schädigend bemerkbar machen, je flacher die Wurzeln aber streichen, je flacher die durchzogene, also ausgenutzte Schicht überhaupt ist, desto größer ist die Konkurrenz. Die Fichte gehört fast stets zu den flachwurzelnden Bäumen, wenngleich auch sie unter günstigeren Bedingungen, auf mineralischem Boden mehrere Dezimeter, ja bis über 1 m in den Boden hinabgeht. Die Kiefer gehört an



Abb. 38. Ohne äußerlich ersichtlichen Grund im Rohhumus-Ortsteinboden absterbende ältere wildwachsende Kiefern auf der Heide. (Graebner.)

günstigen Standorten zu den tiefwurzelnden Pflanzen, auf Sandboden dringt sie mitunter mehrere Meter hinein; aber wie schon oft gezeigt wurde, verlegt auch sie in den Gebieten stärkerer Niederschläge, also in den Heidegebieten, in denen sich überall in den reinen Nadelwäldern starker Humus und oft auch Moos ansiedelt, infolge des Luftabschlusses durch den Humus ihre Wurzeln in die oberen bis schließlich obersten Bodenschichten. Ganz ähnlich wie bei der Fichte streichen dann, mitunter nur wenige Zentimeter unter der Oberfläche, die Wurzeln, sich wenig verzweigend, viele Meter weit entlang. Schon allein der besseren Bodenausnutzung wegen, und um die einzelnen Nadelholzpflanzen sich ferner zu bringen, ohne den Boden kahl zu legen und dadurch die Wurzelkonkurrenz herabzusetzen, sollte man in all den Gebieten mit heftigerer Humusbildung von jeder Neuanpflanzung reiner Nadelholzbestände

absehen und jeden vorhandenen Nadelholzbestand, soweit es irgend die verfügbaren Kräfte und Mittel zulassen, in einen Mischbestand überführen. Neben der bodenverbessernden Wirkung der Laubhölzer in den Rohhumusgebieten würde schon aus den obengenannten Gründen die Laubholzmischung zu empfehlen sein, selbst wenn das Laubholz selbst Erträge nicht zu liefern verspräche.

Die allmähliche Verdichtung der Rohhumusböden, die zu dem beschriebenen Absterben der Bestände führen kann, läßt sich noch deutlicher an der nächsten Generation von Nadelhölzern, besonders Fichten, auf diesem Boden studieren. Hier trägt fast auch deutlicher, wie es die alten absterbenden Bäume tun, die Wurzel durch ihre Anatomie die Ge-

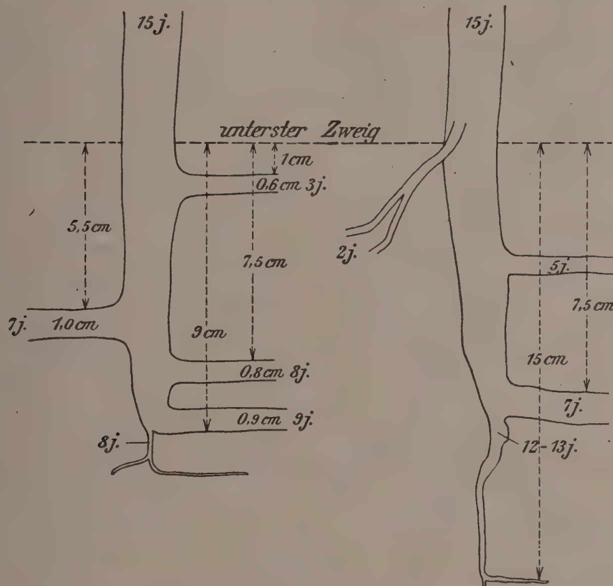


Abb. 39. Junge Fichten im Rohhumus; durch nachträglichen Nadelschutt allmähliche Verlegung der Wurzeltiefe nach oben. (Graebner.)

schichte des Bodens und damit ihre eigene in sich. Graebner[1]) fand eine sehr bemerkenswerte Verlegung der Wurzeltiefe nach oben schon bei jungen Pflanzen. Genau dieselben Verhältnisse konnte er bei den übrigen Fichtenbeständen des Heidegebietes nachweisen, bei denen wieder junge Fichten in den Lücken zwischen den alten emporwuchsen, gleichgültig ob als Anflug oder als Pflanzung. Abb. 39 gibt eine schematische Darstellung der Wurzelverzweigung von zwei solchen Fichten, die etwa 15 Jahre alt aufgenommen wurden. Im unteren Teile des stärker in die Dicke gewachsenen Stückes der senkrecht abwärts strebenden Hauptwurzel ließen sich 12—13 Jahresringe mit Sicherheit nachweisen. Unterhalb dieses starken Teiles verlängerte sich bei der Mehrzahl der untersuchten Pflanzen solcher Standorte die Hauptwurzel noch ein größeres oder kleineres Stück nach unten, und zwar sehr dünn und schwach. Trotz der Feinheit dieses Wurzel-

[1]) Beiträge zur Kenntnis nichtparasitärer Pflanzenkrankheit an forstlichen Holzgewächsen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, XLI (1909), S. 578ff.

teils, der bei einem Teil der untersuchten Exemplare bereits abgestorben oder doch schon stark verharzt war, ließen sich in ihm noch bis zu 8 Jahresringe konstatieren, deren letzte allerdings oft nur aus 5—10 Zellschichten bestanden, ein Zeichen, daß diese Wurzeln schon lange untätig geblieben sind. Diese untersten Wurzeln lagen bei den Lübberstedter Fichten etwas über 10—15 cm unter dem untersten Zweige und unter der Erdoberfläche (zur Zeit der Entnahme); in dieser Tiefe bogen sie fast alle selbständig rechtwinklig zur Seite oder teilten sich in wagerecht streichende Wurzelenden, die jedoch in keinem Falle eine größere Länge erreichten.



Abb. 40. Alte Kiefer im Rohhumusboden der Lüneburger Heide; alle tiefergehenden Wurzeln sind abgestorben und vermorscht. Stamm und Wurzeln lohkrank. (Graebner.)

Die nächst höheren, meist ganz erheblich stärkeren Wurzeln, die im Durchschnitt in etwa 7—10 cm Tiefe verliefen, ließen ein Alter von 7—9 Jahren erkennen, hatten also vor 7 bis 9 Jahren die hauptsächlichste Ernährung der jungen Pflanzen übernommen. In einigen Fällen waren diese Wurzeln noch jetzt die stärksten (Abb. 39), in anderen waren sie schon wieder durch spätere, in höheren Teilen des Wurzel- und des Stammgrundes entsprungene ersetzt worden. Einen solchen Fall stellt die Abbildung links dar. Oberhalb der unteren neunjährigen Wurzel findet sich (1,5 cm höher) eine achtjährige Seitenwurzel, die mit 0,8 cm Dicke fast die untere erreicht. Ihre letzten 2 Jahresringe sind sehr eng. Wieder 2 cm höher liegt eine noch jüngere Wurzel, die stärkste von allen, die vor 7 Jahren entstanden ist und 1 cm Dicke erreicht hat; auch bei ihr sind die zwei letzten Jahresringe sehr eng. Noch 4,5 cm höher, nur 1 cm unterhalb des untersten Seitenzweiges des Stämmchens, entspringt eine weitere kräftige Wurzel, die bereits 0,6 cm Dicke erreicht hat, dabei aber nur 3 Jahresringe erkennen läßt. Jeder Jahresring ist aber sehr breit, über 50 Zellschichten stark. Unmittelbar über dem untersten Zweige war dann auch bei diesem Exemplar eine einjährige Adventivwurzel entsprossen.

Das Alter und Verhalten der Wurzeln läßt interessante Einblicke in das Leben der jungen Fichte auf dem Rohhumus zur Zeit des Bestehens der vorhergehenden Generation (des Waldbestandes) zu. Die ältesten Wurzeln wurden anscheinend schon frühzeitig, also etwa nach sechs- bis achtjähriger Tätigkeit ausgeschaltet; durch das reichlich von den großen

Bäumen herabgeschüttete Streumaterial war der Boden weiter aufgehöht und innen weiter verdichtet worden. Die günstigsten physikalischen Bedingungen lagen für die Wurzeln jetzt nicht mehr in der ursprünglichen Wurzeltiefe, sondern das Mittel zwischen den besten Feuchtigkeits- und Durchlüftungsverhältnissen lag höher, etwa in der Tiefe der dann entstandenen Wurzel oder Wurzeln. Fast alljährlich oder doch stets nach wenigen Jahren wiederholte sich der angegebene Prozeß: je höher die junge Pflanze wurde, desto mehr trug sie selbst zur Erhöhung des Erdbodens bei. Allmählich wurde auch der unterste Zweig mit eingeschüttet, und über ihm entstanden Adventivwurzeln. Von unseren Nadelhölzern ist nur die Fichte befähigt, solche leicht zu erzeugen.

Wie sehr die meisten Gehölze auf den Luftabschluß bzw. auf eine bessere Durchlüftung des Bodens reagieren, zeigen Abbildungen[1]) von zwei nebeneinander gewachsenen Kiefern (Abb. 40, 41), von deren einer die Humusdecke entfernt war. Diese letztere hatte pfahlartig tief in die Erde gehende Wurzeln, während bei der nicht von der Decke befreiten, wie bei sämtlichen übrigen des betreffenden Bestandes, die untersucht wurden, alle auch nur über 3 dcm eingedrungenen Wurzeln abgestorben waren, der Baum also, ebenso wie die früher hier beschriebenen Fichten usw., nur in den Oberflächenschichten lebte. Besonders interessant war mitunter die Verzweigung von Kiefernwurzeln unter Wegen, Feuersicherungsstreifen usw. War über einer solchen flach streichenden Wurzel die Humusdecke in einem Streifen entfernt worden, so daß die Wurzel den Verlauf des Streifens kreuzte, so waren oft zahlreiche, in den Boden eindringende Wurzeln an jenen entblößten Stellen entstanden. Besonders gut zeigte dies ein Objekt aus der Oberförsterei Munster, welches im Lehrbuch der Formationsbiologie (Pflanzenwelt Deutschlands, S. 215) abgebildet ist (Abb. 44).

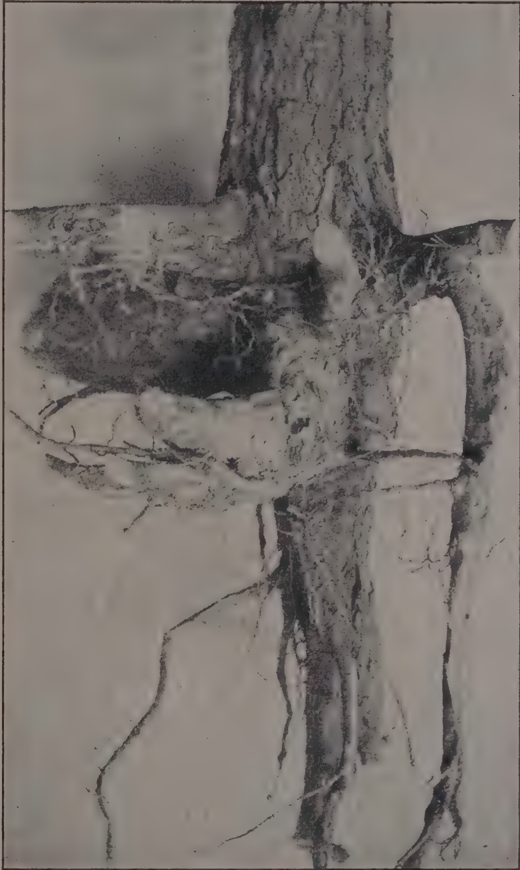


Abb. 41. Alte Kiefer aus dem gleichen Bestande wie Abb. 40; der Rohhumus und Moos aber zu Feuersicherungszwecken öfter entfernt. Rinde und Wurzeln gesund. (Graebner.)

[1]) Graebner, Jahresber. d. Vertreter der angewandten Botanik, 1907, S. 164ff.; Pflanzenwelt Deutschlands, S. 215, Abb. 97.

Dort war nicht nur eine Wurzel in der Mitte des Feuersicherungsstreifens in die Tiefe gegangen und genau am Rande eine andere in der Streichungsrichtung der Wurzel schräg hinab, sondern auch am hinteren Ende der Wurzel, also am jenseitigen Rande des Streifens war eine Wurzel rückwärts schräg bogig abwärts gewachsen. Die Wurzeln geben ein vortreffliches Bild der von der besseren Durchlüftung begünstigsten Bodenschicht: gleichmäßig geschah das Eindringen der Wurzel an beiden Seiten bis zu der an jeder Stelle herrschenden genügenden Durchlüftung. — Weiter wird der Einfluß des Pflügens auf die Wurzelentwicklung durch einige (wie auch alle übrigen) jetzt im Botanischen Museum zu Dahlem befindlichen Objekte (Abb. 42 und 43) illustriert. Die aufgeforstete Heide war nicht ganz gepflügt worden, sondern nur streifenweise, während Streifen dazwischen ungepflügt liegengeblieben waren. Es wurden nament-

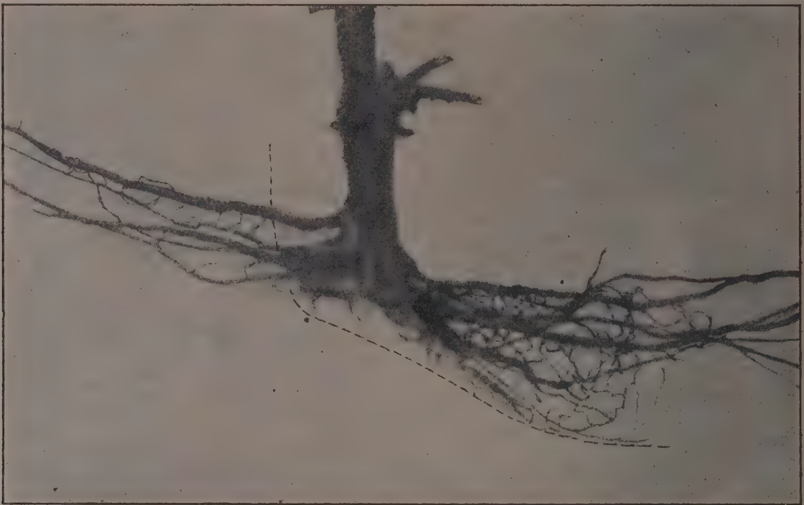


Abb. 42. Kiefernwurzeln am Rande eines Pflugstreifens wie Abb. 43. (Graebner.)

lich solche Pflanzen untersucht, die an der Grenze der Streifen standen. Auch hier zeigte sich, wie auch sonst fast stets, die Buche der Kiefer überlegen. Die auf der ungepflügten Seite, also im Heidehumus, verlaufenden Wurzeln streichen zum Teil auch ziemlich flach, während auf der gepflügten Seite die Wurzeln erst viel tiefer beginnen. Einige Wurzeln der nicht gepflügten Seite haben sich, der besseren Durchlüftung wegen, nach rechts gewandt. Unterhalb der Pflugtiefe geht die Pfahlwurzel fast ungehindert abwärts, nur etwas nach der Seite des Pflugstreifens zu gefördert. Auch sie zeigt noch eine normale Bewurzelung. Ganz anders ist das Wurzelwerk der Kiefer gestaltet. Auf der ungepflügten Seite, also in der Heide, gingen alle Wurzeln ganz flach; auf der anderen Seite dringen sie nur allmählich bis zur Pflugsohle hinab, sich hier anfangs reichlich und normal verzweigend. Auch hier tritt aber schon die nachträgliche Kräftigung flach streichender Wurzeln klar hervor, sofort ausgezeichnet durch geringe Verjüngung nach den Enden zu.

Unsern Nadelhölzern kommt in den feuchten Heidegebieten die vielfach beschriebene Erzeugung starker Rohhumuslagen zu. Überall dort, wo sie in reinen Beständen unter den die Humusbildung fördernden Bedingungen stehen, muß früher oder später der Zeitpunkt eintreten, wo ihnen die Humusansammlung das weitere gesunde Gedeihen in dichten Beständen unmöglich macht. Die oben beschriebene Verlegung der Wurzeltiefe nach oben, die flach durchwurzelte Bodenschicht zwingen sie zu einer gegenseitigen Wurzelkonkurrenz auf engem Raum, der zum schließlichen Zusammenbruch des Waldes führen muß, wenn sie Alleinherrscher auf der Fläche waren. Bei allen von Graebner untersuchten Beständen, die die geschilderten Verhältnisse aufwiesen, war stets die

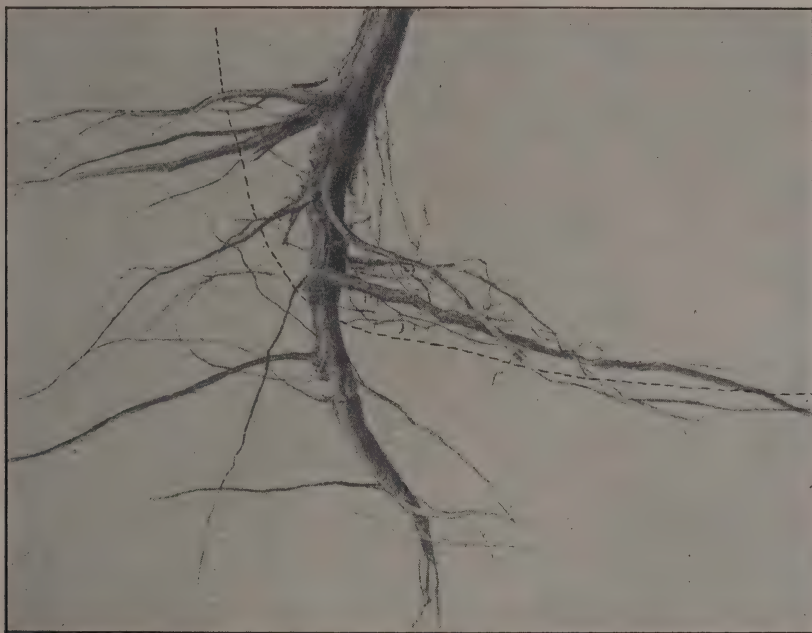


Abb. 43. Buchenwurzeln am Rande eines Pflugstreifens. Die punktierte Linie gibt die Grenze des gepflügten Teiles an. (Graebner.)

Verflachung des Wurzelsystems, wenn nicht schon bei dem stehenden Bestande, so doch beim Nachwuchs, bei der zweiten Generation, vorhanden.

Betrachten wir aber nun das Verhalten der Kiefer und Fichte auf freier Heide, auf Heiderohhumus, so ist wohl kein Laubholz, sicher Eiche und Buche nicht, imstande, dem luftarmen sauren Boden sich anpassend, ein so lang- und flachstreichendes Wurzelwerk zu erzeugen, wie wir es bei der Kiefer und Fichte gesehen haben. Deshalb sieht man beide Bäume, die Kiefer besonders an der trockeneren (aber auch feuchten), die Fichte, ihrem großen Feuchtigkeitsbedürfnis entsprechend, auf feuchteren Heideflächen aufsprießen. Steht eine solche Pflanze einzeln auf der freien Heide, so wird eine große Fläche von dem Wurzelwerk radial überspannt, und eine Schädigung wird sich verhältnismäßig spät bemerkbar machen, da

ja die Wurzelkonkurrenz der übrigen Bäume fehlt und die Pflanze vom Erdboden an bis zur Spitze laubtragende Äste und Zweige besitzt und nicht auf eine kleine Krone wie im geschlossenen Bestande beschränkt ist. So erreicht der Baum bald ein blühfähiges Alter. Sprießen aber mehrere Gehölze in der Nähe auf, so beginnt bald die Wurzelkonkurrenz; berühren sich ihre Äste, dann werden die unteren abgeworfen, und ein solcher geschlossen werdender Bestand wird sich, je nach den herrschenden Bodenverhältnissen, kürzere und längere Zeit als solcher erhalten. Die Kiefer und Fichte kommen deshalb fast überall, wo sie auf der Heide ursprünglich sind, einzeln oder horstweise vor. Die hier und da sich selbständig schließenden Bestände auf besserem Boden werden bis zur weiteren Verschlechterung im Rohhumus erhalten bleiben, schließlich aber, wenn

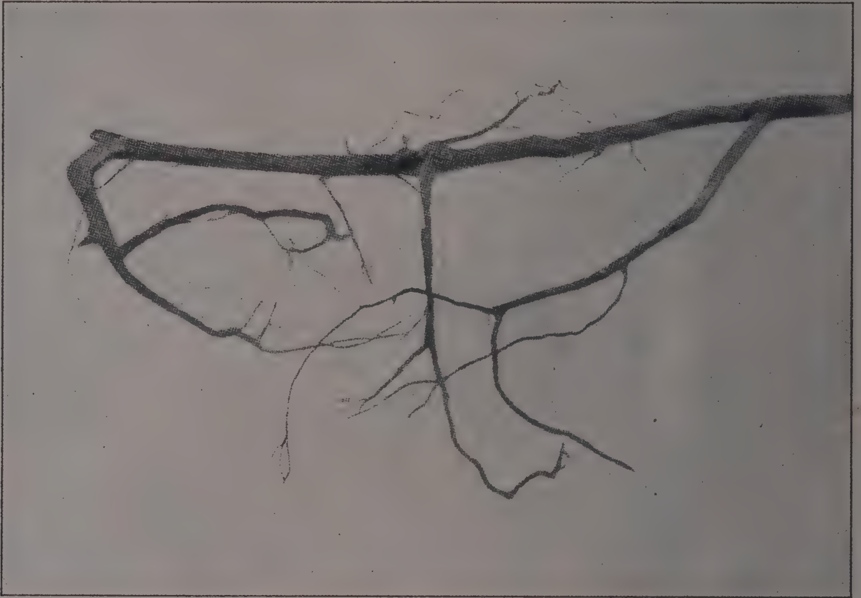


Abb. 44. Flachstreichende Kiefernwurzel, über der ein Streifen Rohhumus entfernt war, unter den befreiten Stellen in die Tiefe verästelt. (Graebner.)

sie nicht mit Laubholz gemischt werden, unter den geschilderten Verhältnissen zugrunde gehen oder doch bei ihrer späteren Abholzung oder ihrem Absterben Bodenverhältnisse zurücklassen, die in der bei weitem größten Mehrzahl der Fälle nicht mehr die Produktion des letzten Bestandes zu leisten imstande sind. Reine Nadelholzbestände in der Heide müssen früher oder später schädliche Humusbildungen, sei es allein Rohhumus oder sei es auch starker Bleisand oder Ortstein, hervorbringen, die die weitere Nutzung immer mehr erschweren oder gar unmöglich machen müssen, nur schließlich der Heide als natürlicher Vegetation noch Raum lassend. Diese an zahllosen Beständen zu beobachtende Bodenverwilderung allein fordert gebieterisch die Wiederherstellung des natürlichen Vegetationsbildes der Heidegebiete, des mit Laubholz gemischten Waldes und Entfernung des bei den klimatischen Verhältnissen unnatürlichen reinen Nadelholzbestandes, selbst dann, wenn das Laubholz zunächst einen

Ertrag nicht versprechen sollte. Die etwa aufgewandten Kosten würden aber die Garantie dafür geben, daß für künftige Generationen, wenn nicht sofort gute, so doch allmählich bessere Vegetationsbedingungen geschaffen werden, erheblich bessere, als wir heute in den zahllosen und oft schier unendlichen krankenden Nadelholzbeständen der Heide treffen (Erdmann).

Das berüchtigte Tannensterben im Frankenwalde wird neuerdings von Müller[1]) auf die massenhafte Ansiedlung des „Bürstenmooses" zurückgeführt, also auch auf eine Rohhumusbildung.

Auf Ortsteinboden.

Zum Ausdruck gelangen alle die Bodenschädigungen am meisten bei den Kiefernkulturen auf alten Ortsteinböden (vgl. darüber oben S. 111ff.), welche Graebner eingehend behandelt[2]).

In Ergänzung seiner Beschreibung gibt Graebner in den beistehenden Abbildungen ein Bild der Wurzelentwicklung auf Ortsteinböden. Wir sehen bei der in Abb. 45 dargestellten Kiefer die kräftigsten und längsten Wurzeln unweit der Bodenoberfläche parallel zu derselben ausgebreitet, so daß die Ernährung durch den Rohhumus und den nährstoffarmen Bleisand erfolgen muß. Die Folge ist — da in nährstoffarmen Lösungen die Wurzelentwicklung größer als in konzentrierteren ist (vgl. unten bei Nährstoffmangel) — ein weites Ausgreifen der Wurzeläste, die im vorliegenden Falle, wie Graebner beobachtet hat, mehrere Meter lang und wenig verzweigt erscheinen; die oberirdische Achse ist dabei kaum einen Meter hoch. Die Pfahlwurzel biegt über dem Ortstein stets wagerecht ab, auch wenn derselbe noch nicht verhärtet ist, sondern erst die Konsistenz der Branderde hat; wohl ein Beweis dafür, daß die Ortsteinlage fast den letzten Rest des dorthin gelangenden Sauerstoffs für die eigene Oxydation verbraucht (Abb. 46). Die Nährstoffarmut im Verein mit dem im Bleisande leicht hochgradig werdenden Wassermangel sind die Ursache einer schließlich eintretenden Gipfeldürre.

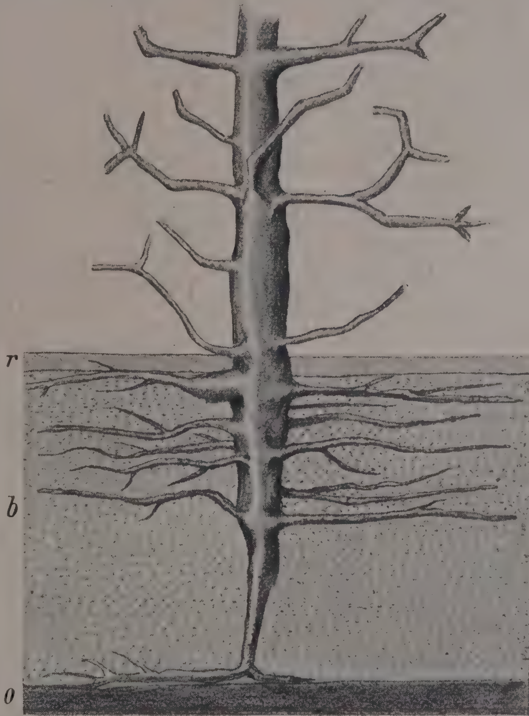


Abb. 45. Ortsteinkiefer aus der Lüneburger Heide nach der Bildung des Ortsteins erwachsen.
r Rohhumus, b Bleisand, o Ortstein. Unterhalb des Ortsteins beginnt der gelbe Sand. (Graebner.)

[1]) Müller, Zeitschr. f. Pilzkrkh. XXXII, S. 170ff. (1922).
[2]) Graebner, P., Handbuch der Heidekultur, Leipzig 1904, W. Engelmann, S. 231.

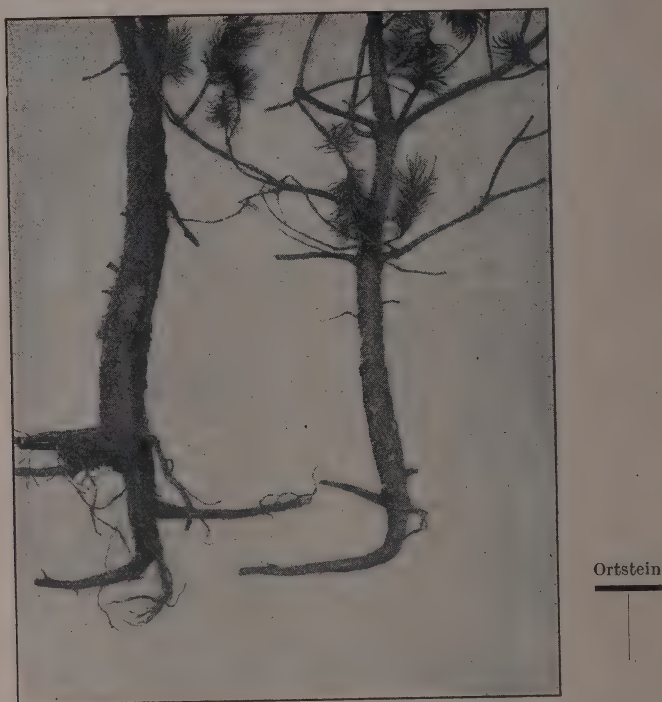


Abb. 46. Kiefernanflug auf Rohhumus-Ortstein-Boden in der Lüneburger Heide; beide stark lohkrank. (Graebner.)

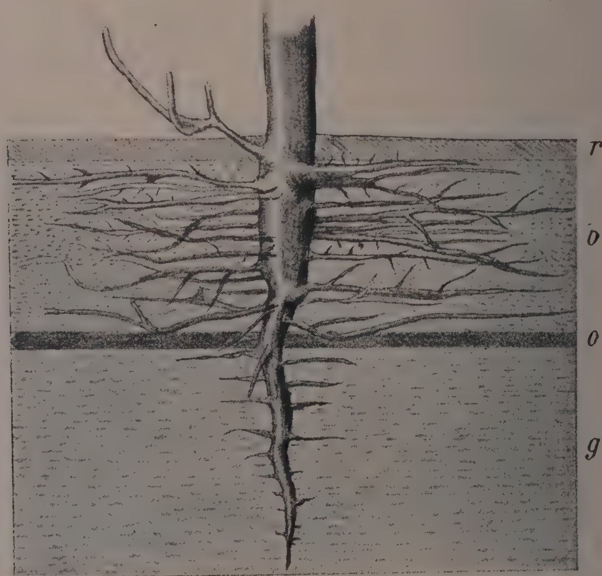


Abb. 47. Eiche aus der Lüneburger Heide nach Durchbrechung des Ortsteins gepflanzt. Die Ortsteinschicht hat sich später wieder geschlossen.
r Rohhumus. *b* eine 20 cm mächtige Bleisandlage, *o* Ortstein, *g* gelber Sand. (Graebner.)

Abb. 47 zeigt das Wurzelwachstum einer Eiche. Die Eiche war, nachdem man die Ortsteinschicht künstlich durchbrochen hatte, gepflanzt worden. Aber die Ortsteinlage hatte sich später wieder geschlossen, und der von der Luftzufuhr nahezu abgeschlossene Wurzelteil in *g* hatte sein Wachstum fast eingestellt. An diesem Teile konnten keine oder fast keine Mykorhizen gefunden werden.

An solche Erscheinungen knüpft Graebner folgende Betrachtung. Wenn der Ortstein unterhalb der Wurzeln lagert, ist die über ihm liegende Erdschicht selbstverständlich großen Feuchtigkeitsschwankungen ausgesetzt und dörrt in Trockenperioden so stark aus, daß die Pflanzen aus Wassermangel zugrunde gehen. In derartigen Fällen zeigen aber die Pflanzen, die ganz in dem Bleisande wurzeln, ein allmählich durch kurze, gelbe Nadeln sich kenntlich machendes, kümmerliches Wachstum. Der Baum ist also im wesentlichen auf den oberhalb der Ortsteinschicht liegenden Wurzelapparat angewiesen. Derselbe arbeitet während der Frühjahrsfeuchtigkeit normal, soweit es die Bodendurchlüftung während des Winters gestattet hat, und bewirkt einen günstigen Frühjahrstrieb, muß aber seine Arbeit einstellen, wenn ein heißer Sommer den Boden austrocknet. Über das Absterben der Wurzelspitzen ist bereits oben gesprochen.

Kiefer in feuchter Heide und Moor.

Meist bildet sich bei Kiefern auf Hochmoorboden eine Krummschäftigkeit aus[1]). Doch geben diese Krüppelkiefern Samen, die nach Trockenlegung der Moore geradwüchsige Stämme liefern können. Auch über *Pinus montana* äußern sich Schröter und Kirchner[2]), daß dieselbe auf allzu nassen Stellen des Hochmoors in reduzierten Krüppelformen (Kusseln) auftrete, aber nach Bodenentwässerung sich erhole. Solche „Kusseln“ bildet unsere Kiefer auch auf nassen Wiesen (Abb. 48).

Abb. 48 stellt eine achtundvierzigjährige Kiefer dar, welche aus der Lüneburger Heide stammt. Die Höhe des ganzen Baumes einschließlich der Krone betrug, vom Wurzelhals gemessen, 74 cm; Stammhöhe bis zum ersten Astansatz 39 cm; Stammumfang unterhalb des untersten Astes 8,3 cm; durchschnittliche Länge der Nadeln 2 cm.

Die Benadelung des ganzen Baumes ist äußerst spärlich. Es sind nur noch die Nadeln des letzten Triebes vorhanden; die älteren sind alle abgefallen. Die Zweige sind stellenweise stark verdickt und infolge von Frostbeschädigungen aufgeplatzt. Die senkrecht absteigende Pfahlwurzel ist bis zu ihrer horizontalen Umbiegung 8 cm, der stärkste horizontale Wurzelast 18 cm lang. Der Astwuchs ist sparrig, und die Zweige zeigen scharfe Knickstellen (*k*) und vielfach abgestorbene Spitzen (*a*). Die Knickstellen oder bogenartigen Krümmungen (*k'*) kommen dadurch zustande, daß die Äste sowie der Hauptstamm einseitig krebsartige Frostwunden erhalten haben und diesen auf der Gegenseite vermehrte Holzbildung und Streckung entspricht. Intensivere, mehr als halben Achsenumfang umfassende Frostwunden finden sich bei *f* und *f'*. In der Abb. 49 ist die Stelle *f'* am Hauptstamm in natürlicher Größe wiedergegeben, um zu zeigen, wie,

---

[1]) v. Sievers, Über die Vererbung von Wuchsfehlern bei *Pinus silvestris*. Forstl.-naturwiss. Zeitschr. 1896, Heft 5.

[2]) Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Heft III, 1905, S. 222.

entsprechend dem „offenen Krebs", die Wundfläche aus vielen, äußerst schmalen, terrassenartig zurücktretenden Überwallungsrändern der einzelnen Jahrgänge besteht.

Dem sparrigen, dürftigen Zweigwuchs bei Abb. 48 entspricht ein ebenso sparriger Wurzelkörper, der seinem natürlichen Streben, mit

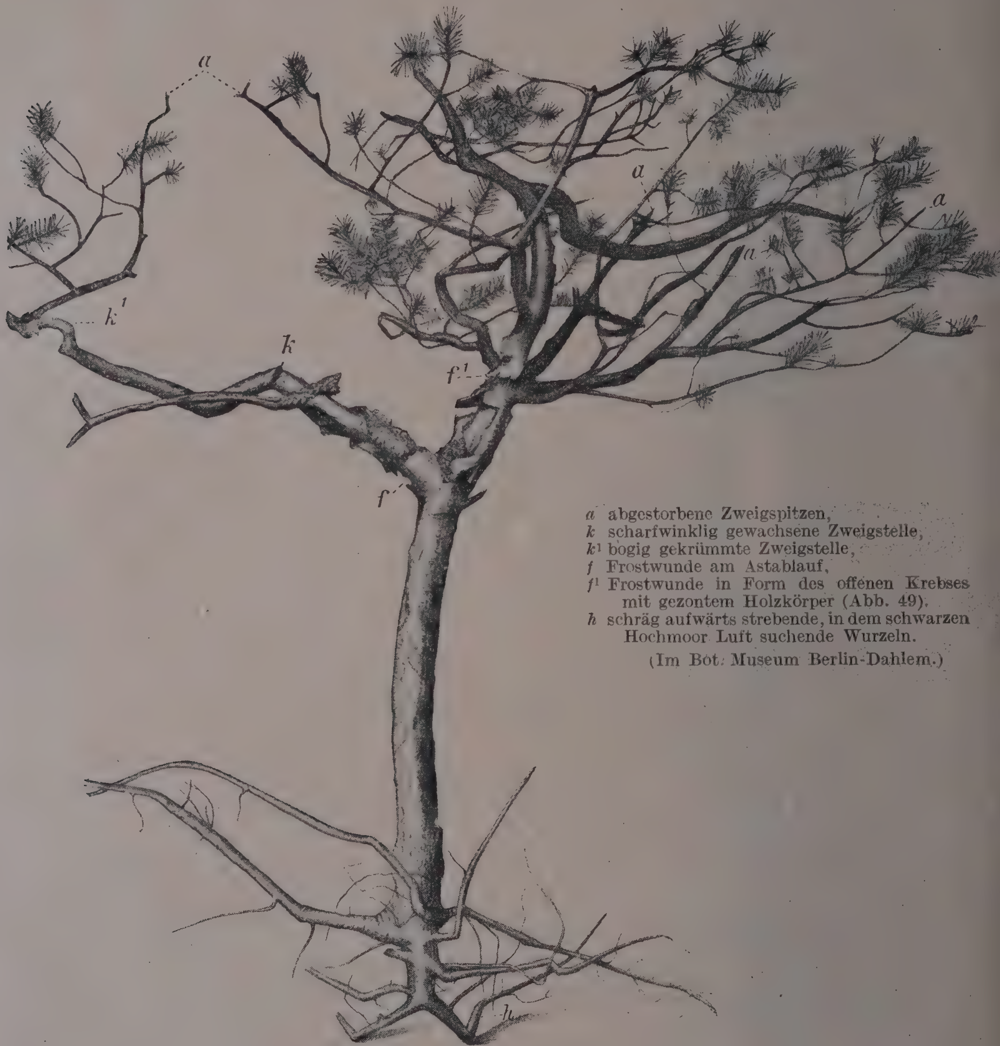


Abb. 48. Moorkiefer mit flachstreichenden Wurzeln aus der Lüneburger Heide. (Orig. Sorauer nach Graebner.)

der Hauptpfahlwurzel senkrecht abwärts zu gehen, nicht folgen konnte, sondern die Wurzeläste flach in den oberen Bodenschichten und den Moospolstern ausbreiten mußte. Die untersten Wurzeläste sind im scharfen Knick zum Teil aufwärts gebogen.

Sehr interessante Abbildungen von Krüppelformen der Kiefern, welche der *Pinus silvestris f. turfosa* entsprechen, gibt Weber[1]) in seiner eingehenden Studie über das Hochmoor von Augstumal im Memeldelta. Bei dieser Gelegenheit werden auch die Krüppelbirken beschrieben, deren Wurzeln wie diejenigen der Föhren stets eine vorzüglich entwickelte Mykorhiza erkennen ließen. Der gewöhnlich nur wenige Zentimeter dicke Stamm ist meist knorrig verbogen und unten mit einer rissigen Borke (vgl. S. 170ff.) versehen, was bei so kleinen Bäumchen sehr auffällig ist. Dazu kommt, daß diese kleinen, meist nur etwa 1,5 m hohen Birken eine gut abgesetzte Krone bilden. Die Hauptwurzel dringt durchschnittlich nur 15—20 cm tief in den Boden ein und biegt dann zur Seite, um parallel mit der Bodenoberfläche zu laufen. Die seitwärts ausstreichenden Wurzeln erreichen das Drei- bis Vierfache der Länge des Stammes. Am besten gekennzeichnet wird das Wachstum auf dem Hochmoor durch ein Beispiel von *Betula pubescens*, das Weber[2]) beschreibt. Der oberwärts weißfaule Stamm war 1,8 m hoch; der entrindete Holzkörper über dem Wurzelhalse hatte etwa 34 mm Durchmesser und zeigte 51 Jahresringe, von denen die letzten 11 zusammen nur 0,9 bis 2,6 mm breit waren. Das Bäumchen fing eben an, wipfeldürr zu werden, und war bis 30 cm hoch über dem Wurzelhalse mit *Sphagnum medium* und *S. acutifolium* überwachsen.



Abb. 49. Krebsartige Wundstelle der Moorkiefer f^1 von Abb. 48.
c das (tiefstliegende) Wundzentrum; *t* terrassenförmig ansteigende Wundränder, wobei die jüngsten, *j*, am stärksten gewulstet sind und die sie deckende alte Rinde, *r*, in sparrigen Stücken absprengen; *w* absterbender äußerster Wundrand; *l* Flechtenansiedlungen. (Orig. Sorauer.)

8. Anhang:
Anpassungen an die Rohhumusböden.

Senkerbildung.

In dickeren Humuslagen, auch im milden Humus der Laubwälder, ist den Samen die Keimung oft außerordentlich erschwert; in dem Schutt des Laubes vermag der Keimling oft schwer Fuß zu fassen. Hat er aber dennoch seine Keimblätter entfalten können, so ist damit noch keine Gewähr für sein weiteres Gedeihen gegeben. Die starke Konkurrenz der großen Bäume, die in den warmen Zeiten fast alles nur erreichbare Wasser aus den Oberflächenschichten ziehen, läßt die Sämlinge vertrocknen. Man sieht in Wäldern im Frühjahr oft massenhaft Keimlinge, aber schon im Frühsommer ist meist kaum einer mehr zu finden.

[1]) C. A. Weber, Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memeldelta. usw. Berlin. Paul Parey, 1902, S. 40ff. — [2]) a. a. O. S. 47.

Diese Erschwerung der Vermehrung durch Samen ist wohl der Grund, weshalb man eine ausgiebige vegetative Vermehrung bei der großen Masse der Waldpflanzen, der Kräuter sowohl wie der Sträucher, findet. Bei den letzteren, so z. B. bei *Ribes*-Arten, *Cornus sanguinea*, *C. alba*, *Lonicera xylosteum* u. a., senken sich meist die älteren Zweige mit der Spitze zu Boden, die Spitze wird durch das fallende Laub eingeschüttet, wurzelt dort und treibt neue aufrechte Stengel.

Auch einige Waldbäume können sich auf diese Weise gut vermehren, so besonders Linde und Fichte.

Die Senkerbildungen der Fichte sind meist in den von der Forstkultur nicht oder wenig berührten Wäldern zu finden, und es ist deshalb angezeigt, hervorragende Beispiele einer Vermehrung durch Absenker in der Literatur zu erhalten. Deshalb sei hier noch Abbildung und Beschreibung einer Fichtenfamilie gegeben, welche in der Nähe der Stadt



Abb. 50. Absterbende, vom wachsenden Hochmoor erstickte Kiefern im Urwald von Bialowies. (Nach Graebner.)

Kragerö an der südostlichen Küste Norwegens beobachtet worden ist (s. Abb. 51).

Schübeler[1]) gibt darüber folgende Mitteilung: Der Mutterstamm, der am Fuße eines Hügels steht, hat eine Höhe von ungefähr 9,4 m und etwa 6,6 cm vom Boden einen Umfang von 94 cm. In einer Höhe von 31 bis 36 cm gehen drei Äste vom Hauptstamm ab, die an mehreren Stellen festgewurzelt sind. Aus diesen sind allmählich in einer Entfernung von 1,6 bis 2,5 m vom Mutterstamm sechs regelmäßige Fichten hervorgewachsen, welche eine Höhe von 2,5 bis 4,7 m besitzen.

Die Fichte steht mit ihrer leichten Adventivknospenbildung und der schnellen Bewurzelungsfähigkeit oberirdischer Achsenteile einzig da. Zwar hat Schübeler (a. a. O. S. 163) eine Bewurzelung bei tiefstehenden,

[1]) Schübeler, F. C., Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania 1873—75. S. 164.

zum Boden herabgebogenen Ästen auch bei *Juniperus* und *Taxus baccata* beobachtet, und sicherlich wird auch bei anderen Koniferen, die gut durch Stecklinge wachsen, solche Vermehrung vorkommen; allein derartige Fälle werden stets vereinzelt bleiben.

Die hier durch ein Beispiel erläuterte Vermehrungsfähigkeit gewinnt eine erhöhte Bedeutung in jenen Moorgegenden, wo die Fichte als der einzig mögliche Waldbildner zur Kultur herangezogen werden muß.

Nur die wenigsten Nadelhölzer besitzen eine solche Leichtigkeit der Senkerbildung und der Entwicklung neuer regelmäßiger Gipfeltriebe aus Seitensprossen (Linden).

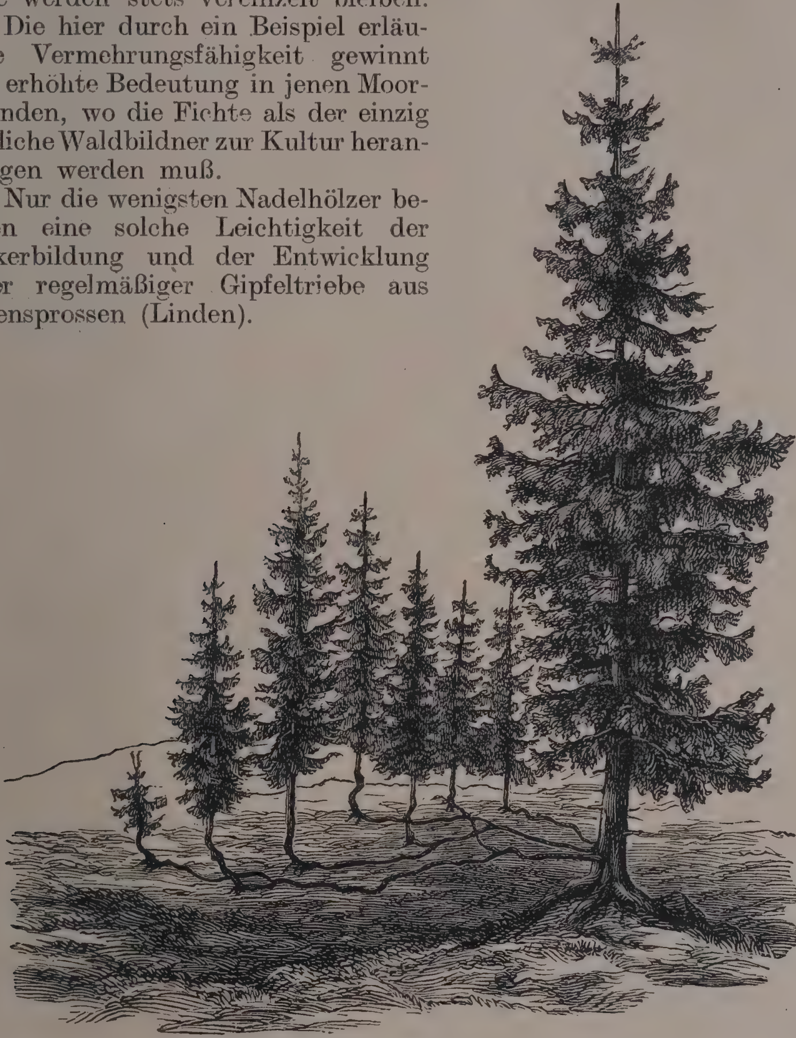


Abb. 51. Eine Fichtenfamilie, die durch natürliche Ableger entstanden ist. Drei an der Stammbasis vorhandene Äste haben an einzelnen Zweigstellen sich neu bewurzelt und dort ihre Knospen zu sekundären Stämmen ausgebildet. (Nach Schübeler.)

Im Anschluß an diese auf nassen Böden hervortretende Senkerbildung der Fichte geben wir in Abb. 52 die Zeichnung des sehr seltenen Falles von Wurzelbildung aus einem Ast der Eiche.

In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hatte Sorauer Gelegenheit, in dem Schloßpark zu Rogau (Oberschlesien) einen alten, inwendig schon stark ausgehöhlten Eichenstamm zu sehen, der auf einer tiefliegenden, bei Hochwasser der Überschwemmung durch die Oder

ausgesetzten und sumpfig gewordenen Wiese stand. Der Baum war an den unteren Ästen laubarm. Die beiden untersten Äste lagen mit ihrem oberen Teil tief im Boden, und ihre Spitzen hatten sich aufwärts gerichtet. An der Krümmungsstelle des Astes (rechte Seite der Abbildung) war eine starke Wurzel nachweisbar, die zu der Zeit entstanden sein dürfte, als die noch jugendliche Zweigspitze durch die ersten Überflutungen von angeschwemmtem Boden überdeckt worden war. Die durch diese Wurzel herbeigeführte Unterstützung der Ernährung machte sich dadurch kennt-



Abb. 52. Eiche aus Rogau (Oberschlesien) mit Senkerbildung. (Sorauer.)

lich, daß eine größere Anzahl von jüngeren Zweigen wie selbständiges Buschwerk sich entwickelte.

Im Anschluß an die vorstehenden Betrachtungen empfiehlt es sich, der Erscheinung noch näherzutreten, daß große Waldbäume mit dem älteren Teil ihrer Wurzeläste außerhalb des Bodens sich befinden, so daß die Stammbasis von einer Anzahl von Stelzen getragen wird.

Man muß bei solchem Stelzenwuchs zwei Typen unterscheiden, den schon S. 69f. besprochenen und abgebildeten Fall, daß bei steiler Lage der Boden unter den Wurzeln abgerutscht ist und die namentlich bei Fichten und Erlen beobachtete Erscheinung, daß die Stammbasis noch über dem

Bodenniveau erhaben ist und die starken Äste der Wurzelkrone überhaupt niemals im Erdboden gewesen sind.

Beispiele für den zweiten Typus finden wir vielfach u a. auch von L. Klein[1]) für die Fichte beschrieben und abgebildet (Abb. 53). Er erklärt das Zustandekommen der Erscheinung folgendermaßen: Wenn im Gebirge Fichten oder Tannen geschlagen werden, bleibt ein Stammstück (Stock) stehen. Ein solcher Stock verwittert nun allmählich an seiner Oberfläche, die sich mit Moosvegetation bedeckt. Im Moospolster siedeln sich später Vaccinien u. dgl. an, und so entsteht unter denselben eine dünne Humusschicht. Wenn nun durch natürlichen Samenanflug auf die bemooste Stockfläche Fichten oder Tannen gelangen, so kriechen die jungen Würzelchen bei fortschreitendem Wachstum unter der Moosdecke nach allen Seiten über die Oberfläche des Stockes und dann an dessen Seiten bis in den natürlich gewachsenen Boden hinab, um sich dort, wie jede andere Wurzel, weiter zu entwickeln. Im Laufe der Jahrzehnte erstarken die Wurzeln, während der alte Stock langsam vermodert. Die Frage, weswegen man meist Fichten, viel seltener Tannen und, außer den Erlen, Laubhölzer (Ebereschen!) mit Stelzenwuchs findet, beantwortet Klein damit, daß der Wasserbedarf der Laubhölzer etwa zehnmal so groß sei wie derjenige der Nadelhölzer, und daß daher ein Laubholzsämling auf der Stammfläche für die Dauer meist nicht genügend Wasser zu seiner Weiterentwicklung findet.

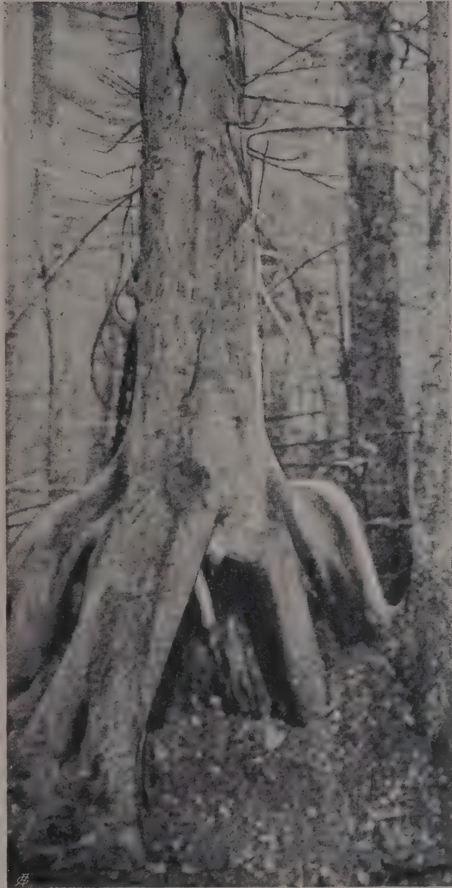


Abb. 53. Stelzenfichte bei Schönmünzach beim Stübewasen. (Nach L. Klein.)

Wohl ebenso häufig, wie der von Klein beschriebene Fall im Flachlande sicher überwiegend, ist der, daß die junge Fichte oder Erle erst auf dem bereits faulen Stubben (der oft schon vor dem Umsturz hohl war) keimt, und mit ihren Wurzeln gleich durch den faulen Mulm, der stets reichlich feucht ist, abwärts wächst und nach dem Verfaulen des Stubbens auf Stelzen steht.

An sehr feuchten Standorten, besonders in Erlenbrüchern, aber auch in Fichtenwäldern, kann man oft einen sehr hohen Prozentsatz, mitunter überwiegend, Stelzenbäume beobachten, und bei genauerer Untersuchung

[1]) Klein, L., Die botanischen Naturdenkmäler des Großherzogtums Baden und ihre Erhaltung. Festrede. Karlsruhe 1904. S. 13. Abb. 7.

findet man, daß sehr selten einmal auf dem sauren dicht gelagerten Humus oder in der faulenden Laubschicht ein Sämling zu sehen ist, daß aber mitunter auf einem Stubben einige bis eine große Anzahl wachsen. Der feuchte Mulm ist eben gut durchlüftet und überhaupt ein gutes Substrat.

Ganz ähnlich kommt der sogenannte „Hülsenwuchs" zustande, der besonders bei Weiden auftritt. Dort, wo noch alte Weiden an den Landwegen sich erhalten, begegnet man bisweilen der Erscheinung, daß aus dem vermoderten Innern des hohlgewordenen alten Stammes ein neuer Stamm selbständig herauswächst, so daß der Holzzylinder des alten Stammes wie eine weite Hülse den jungen Baum umgibt. Bei der Kopfhiebwirtschaft des Weidenbetriebes, bei welchem alljährlich oder in jedem zweiten Jahre die Krone gänzlich abgeschlagen wird, um möglichst zahl-



Abb. 54. Stelzenerle aus dem Urwalde von Bialowies. (Graebner.)

reich junge Ruten zu gewinnen, sind derartige Fälle erklärlich. Bei der schnellen Vermorschung des Weidenholzes an großen Hiebflächen bilden sich durch aufgewirbelten Straßenstaub in den Vertiefungen der Wundfläche sehr schnell Erdnester, die von den verschiedensten Unkräutern alsbald besät werden. Gelangt nun einmal keimfähiger Weidensame oder ein solcher einer Eberesche oder Birke in ein derartiges Erdnest, so findet das junge Pflänzchen genügenden Raum zu seiner Entwicklung, und die Wurzeln gelangen durch den Mulm des alten Stammes endlich zum natürlich gewachsenen Boden. Hier kann die Stelzenwurzel mitunter schließlich fast stammartig lang werden! Auch sieht man den Fall, daß eine Adventivwurzel von besonderer Stärke von der Hiebfläche in der Baumkrone innerhalb des hohlen Stammes abwärts wächst und das Bild eines jungen Stämmchens wiedergibt. Bis vor wenigen Jahren stand bei Pauls-

born im Grunewald eine hohle Roßkastanie, die starke Wurzeln von oben herab durch ihren eigenen Mulm bis zum Boden getrieben hatte.

Noch in anderer Form kann Stelzenwuchs an Erlen oder Weiden zustande kommen, wenn nämlich in nassem Boden oder in flachem Wasser sich Gras- oder häufiger *Carex*-Bülten gebildet haben, auf dem die Baumsämlinge Fuß faßten. Durch die nachträgliche Beschattung stirbt der Bulte ab und verfault.

Ein Fall, der in seiner Entstehung wahrscheinlich auf dieselben Verhältnisse wie bei dem Stelzenwuchs der Fichte zurückzuführen ist, wird noch in den letzten Jahren in Kohlhasenbrück bei Neubabelsberg (Regierungsbezirk Potsdam) gezeigt. Auf der Dorfstraße steht ein etwa 75 cm hoher Stumpf einer alten Eiche, der durch Vermorschung des gesamten Kernholzes einen weiten Hohlzylinder bildet; dieser war bis zur halben Höhe mit Holzmulm und Erde angefüllt, und darin erwuchs eine gesunde Eiche wie in einer Hülse. Mitunter hat man absichtlich junge Bäume in die hohlen Ruinen gesetzt, um das Absterben der letzteren zu verbergen.

In Fichtenwaldungen begegnet man bisweilen den sogenannten „Harfenbäumen", bei denen aus einem windgestürzten, aber mit einem Teil seiner Wurzeln im Boden befindlichen und daher lebend bleibenden Stamme eine Anzahl Seitenäste senkrecht als besondere Stämme sich erheben. Ihre Ernährung wird dadurch ermöglicht, daß sie Adventivwurzeln entwickeln. Die Fichte ist überhaupt dasjenige Nadelholz, das am leichtesten durch Adventivorgane allerlei Beschädigungen zu überwinden imstande ist. — Über die Bildung von Adventivknospen bei *Abies*-Harfenbäumen berichtet neuerdings Feucht[1]).

Die Fichte verträgt am besten das Schneiden und wird daher am bequemsten zur Heckenbildung benutzt. Nur müssen die Hecken stets unter Schnitt gehalten werden, da sie sonst unten kahl werden.

Zweites Kapitel.

Wasser- und Nährstoffmangel.

1. Allgemeines über Nährstoffe und Boden.

Die Schädigungen der Vegetation können entweder dadurch erfolgen, daß das Nährstoffkapital im Boden quantitativ oder qualitativ ungünstig für die Ernährung der Pflanzen sich gestaltet, oder daß bei reichlichem Vorhandensein und normaler Zusammensetzung des Nährstoffmaterials durch anderweitige Wachstumsfaktoren die Aufnahmetätigkeit seitens der Pflanze irritiert wird.

Es kann dann Mangel oder Überfluß der Nährstoffe sich geltend machen oder durch die modifizierten Aufnahmebedingungen ein einziger Nährstoff in zu geringen oder zu großen Mengen zur Wirksamkeit gelangen und das Gleichgewicht im Haushalt des Organismus stören.

Die löslichen Salze, welche bei der Zersetzung der Mineralien entstehen oder durch Düngung zugeführt werden, unterliegen der Bodenabsorption. Das Festhalten und Abgeben sowie die andauernd im Boden sich vollziehenden Umsetzungen der Salze hat man anfangs vorwiegend

[1]) Feucht, Otto, Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtsch. XVII, S. 137 (1919).

als physikalische Vorgänge angesprochen, während sie jetzt der Hauptsache nach als chemische Prozesse aufgefaßt werden[1]). Allerdings ist es schwierig, die Grenze zwischen physikalischer (Adsorption) und chemischer Bindung zu ziehen.

Die Adsorption wird nur dort von Bedeutung, wo große Anziehungsflächen geboten werden, wie bei den organischen Substanzen und auch bei gewissen anorganischen Stoffen, zu denen die kolloidale Kieselsäure und das kolloidale Eisenoxyd der tropischen Roterden gehören. Am bedeutungsvollsten für unsere Kultur erscheinen die aufquellbaren Humusstoffe, die in nährstoffreichen Böden wohl als salzartige Verbindungen ausgefällt werden, in verarmten oder großenteils in Lösung verbleiben. Betreffs der Absorption der Humusstoffe spielt ihre Aufnahmefähigkeit für freie Basen und deren Karbonate die erste Rolle. Für das im Boden befindliche Ammoniak und kohlensaure Ammon sind namentlich die sauren Humusstoffe wirksam, und wir verwerten diesen Umstand besonders bei Anwendung der Torfstreu.

Neben den kolloidalen Stoffen sind die feinverteilten Mineralbestandteile als Träger der Absorption ins Auge zu fassen. Von Mineralien sind jedoch Quarz stets und Kaolin, wenn letzteres nicht mit Alkalisilikaten sich zu absorbierenden Doppelsilikaten etwa verbindet, ohne Absorptionsfähigkeit. Die hauptsächlichsten Träger sind die wasserhaltigen Silikate, namentlich die Doppelsilikate der Tonerde, die kristallisiert sich als Zeolithe in den Gesteinen finden, und des Eisenoxyds. Sie vermitteln den im Boden zu beobachtenden Basenaustausch.

Dieser kommt bei der Verarmung des Bodens an löslichen Nährstoffen zur Wirksamkeit, wie folgender von Lemberg (Zeitschr. d. Geol. Ges. 1876, S. 318) ausgeführte Versuch deutlich macht: Es wurde ein wasserhaltiges Silikat drei Wochen lang mit kohlensäurehaltigem Wasser in Verbindung gehalten und nach dieser Zeit gefunden:

	I. ursprüngliches Silikat	II. nach Behandlung mit kohlensäurehaltigem Wasser
Kieselsäure	46,64 %	54,03 %
Tonerde	29,38 %	39,55 %
Kali	22,75 %	5,34 %
Natron	1,83 %	0,00 %

Wurde dieses ausgelaugte Silikat II wieder mit Kalilauge behandelt, zeigte es folgende Zusammensetzung: Kieselsäure 46,60 %, Tonerde 35,67 %, Kali 17,73 %. Es war also in das Silikatgerüst der größte Teil des Kaliums wieder aufgenommen worden, so daß ein Zustand chemischen Gleichgewichts sich wieder herausgestellt hatte.

Wenn dem ursprünglichen Silikat I Chlorammonium zugefügt wurde, bekam es folgende Form: Kieselsäure 56,17 %, Tonerde 34,59 %, Kali 0,89 %, Ammoniak (NH^3) 8,37 %. Würde statt des Ammoniaks ein sehr großer Überschuß von Kalksalzen vorhanden gewesen sein, so hätte der Kalk das Kali aus dem Silikate gänzlich verdrängen können, wie die Versuche von Rümpler und später von Schlößing tatsächlich gezeigt

[1]) Siehe Ramann, Bodenkunde, 3. Aufl., S. 54ff. Berlin 1911. Auch im übrigen Teile dieses Abschnittes stützen wir uns, falls nicht andere Autoren angeführt sind, hauptsächlich auf das genannte Werk.

haben. Derartige Vorgänge sind nun fortwährend vorhanden und zeigen wie schnell ein Boden bei andauernden, reichen Niederschlägen ausgewaschen werden kann oder bei einseitiger Düngerzufuhr an anderen wertvollen Nährstoffen verarmen kann.

Eine weitere Enttäuschung zeigt sich bisweilen in dem Umstande, daß man von einer Vermehrung des Nährstoffkapitals durch Düngung nicht die erhoffte Ertragssteigerung erhält. Dies tritt besonders bei reichen Böden manchmal hervor und erklärt sich dadurch, daß solcher Boden gerade infolge seines Nährstoffreichtums nicht mehr zu absorbieren imstande ist. Namentlich tonarme Böden mit ihrer geringen Absorptionskraft werden derartige Erscheinungen bringen können.

Durch die verschiedene Absorptionsfähigkeit und den steten Austausch der Nährstoffe erklärt sich die teils aufschließende und damit die Pflanzenernährung fördernde, teils erschöpfende Wirkung mancher Düngungen. So erschöpfen die reichen Zufuhren von Kalisalzen und Chilisalpeter die Böden an Kalk und Magnesia. Der Ausdruck „ausgemergelter Boden" deutet darauf hin, daß der Mergel, ebenso wie der Gips, durch seine aufschließende Wirkung das Nährstoffkapital des Bodens frühzeitig erschöpfen kann. In seiner aufschließenden Wirkung liegt auch der Wert des Kochsalzes. In dem Säuregehalte, namentlich im Reichtum an Humussäuren, die die Absorption stark schwächen und alle Bodenbestandteile zu lösen imstande sind, liegt eine weitere Quelle mangelhafter Produktion. Dieser Gegenstand ist bei den Nachteilen der Rohhumusböden und bei der Ortsteinbildung bereits eingehender behandelt worden.

Je weniger die einzelnen Nährstoffe festgehalten und je löslicher sie in ihren Verbindungen sind, desto leichter erfolgt ihre Auswaschung. Im besten Falle gelangen sie in tiefere Bodenschichten; in Gegenden mit starken plötzlichen Niederschlägen können sie fortgeführt werden. Am leichtesten beweglich sind die wohl in den meisten Böden in kleinen Mengen vorhandenen Chloride; dann folgen die Nitrate, später die Sulfate; langsam geht es mit den Karbonaten von Kalk und Magnesia, und am dauerhaftesten sind die Phosphate. Gefährlich für die Kultur werden die Chloride in Gegenden mit sehr geringen Niederschlägen, wo sie sich an tiefliegenden Stellen ansammeln können und hochkonzentrierte Bodenlösungen erzeugen. Unter denselben Bedingungen kommen durch die Karbonate und Sulfate der Alkalien die sogenannten „Alkaliböden" (vgl. S. 122) zustande, wie auch die versalzenen Flächen in den Flußniederungen mit Kaliabwässern (Unstrut).

Am schwerwiegendsten ist die Stickstofffrage, und bei der äußerst leichten Löslichkeit der Nitrate kann eine Ausmagerung der oberen, Flachwurzler tragenden Bodenschichten stattfinden, wenn der Untergrund noch reichlich Stickstoff enthält. Dessen Nutzbarmachung kann dann nur durch Tiefwurzler erfolgen. Daß bei schlechter Düngerbehandlung auf dem Acker noch große Verluste eintreten, kann der Praxis gegenüber nicht genug hervorgehoben werden. Betreffs der Kalksalze kommt der Gips als Träger der Schwefelsäure in Betracht. Bei den Kalkkarbonaten kann der Fall eintreten, daß in feuchten Klimaten selbst auf Verwitterungsböden der Kalkgesteine der Boden kalkarm sein kann, weil das Karbonat langsam ausgewaschen wird. Dagegen gehören die Kalkphosphate sowie die Phosphorsäureverbindungen überhaupt (mit Ausnahme

der Alkalien) zu den widerstandsfähigsten Mineralien. Eine Ausnahme findet nur in den Böden mit freien Humussäuren statt. Hier werden Phosphate, auch Eisenverbindungen löslich, und selbst die widerstandsfähigen Silikate werden zersetzt und in lösliche Form übergeführt. Daher die ungemeine Verarmung an allen Mineralbestandteilen mit Ausnahme des Quarzes bei den Heideböden (vgl. S. 109).

Der natürliche Anreicherungsprozeß des Bodens durch Verwitterung, durch Anwehen neuer Bodenmassen, durch Fäulnis der organischen Substanz u. dgl., welcher der Auswaschung wirksam entgegenarbeitet, dürfte nur bei langlebigen Pflanzenbeständen ins Gewicht fallen. Hier ist der Umstand, daß die tiefgehenden Wurzeln das Nährstoffmaterial aus dem Untergrunde holen und der Laubfall dasselbe den oberen Bodenlagen wieder zugänglich macht, sicher von großer Wichtigkeit. Bei unseren Kulturen von ein- und zweijährigen Pflanzen finden wir diese Hilfe nur durch die Gründüngung. Von den Kulturländereien werden durch die Ernte indessen die meisten aus dem Boden heraufgeholten Nährstoffe fortgefahren, so vom Acker, von der Wiese und schließlich auch aus dem Walde.

Nicht zu übergehen ist schließlich auch die Bodenverarmung durch Dränage. So nützlich diese Einrichtung ist, wie wir bereits früher bei der Bodendurchlüftung anerkannt, läßt sich doch nicht verkennen, daß sie auch ihre großen Schattenseiten hat und stellenweise schädlich wirken kann. Dies bezieht sich namentlich auf die Auslaugung des Bodens an salpetersauren Salzen in Örtlichkeiten, in denen intensive Düngerzufuhr nicht ausführbar ist. Dort natürlich, wo reiche Stickstoffzufuhr vorhanden, steigert sich der Verlust zu bedeutender Höhe, wie beispielsweise die Analysen Lévys von den Dränwässern der Pariser Rieselfelder beweisen[1]). In einem Liter der abfließenden Dränflüssigkeit waren enthalten an Ammoniakstickstoff 0,8—0,9 mg, an Salpeterstickstoff zwischen 19,1 bis 27,1 mg. Das zur Berieselung verwendete Kloakenwasser enthielt 24,9 Ammoniakstickstoff und 0,9 Salpeterstickstoff. Der Vergleich dieser Zahlen zeigt dabei, daß der in Form von Ammoniak zugeführte Düngerstickstoff bei seiner Durchwanderung des Bodens fast gänzlich zu Salpetersäure oxydiert wird. Die Untersuchungen von Way[2]) zeigen, daß durchschnittlich von den Mineralbestandteilen sich keine sehr großen Mengen im Dränwasser nachweisen lassen. Er fand in 1000 Teilen an Kali nur bis zu 0,003, an Kalk bis 0,186, an Schwefelsäure bis 0,138, an Phosphorsäure bis 0,002 Teile usw. Indes dürfen wir aber nicht vergessen, daß es sich um dauernde Verminderungen handelt, die sich summieren, falls die Dränage reichlich läuft.

Eine übersichtliche Zusammensetzung 35jähriger Lysimeterversuche in Rothamsted und neuerer Untersuchungen in Holland[3]) läßt erkennen, wie schnell in der Regel die Nitrifikation von Düngemitteln wie den Ammoniaksalzen vor sich geht. Selbst im Herbst und Winter ist die Nitrifikation so lebhaft, daß große Stickstoffverluste zu erwarten sind, weshalb es sich empfiehlt, Ammoniaksalze als Kopfdüngung im Frühjahr zu verwenden.

---

[1]) Wollny, E., Die Zersetzung der organischen Stoffe usw. Heidelberg 1897, S. 4.

[2]) Weitere Analysen bei A. Mayer, Agrikulturchemie. 5. Aufl. 1902, II, Abt. 1, S. 118.

[3]) Beleuchtung der Bodennitrifikation durch Dränwasseruntersuchungen. Mitteil. d. D. Landw.-Ges. 1906, Stück 13.

Bei Verwendung von Sulfaten und Chloriden des Ammoniaks wird der Kalk in Verbindung mit der Schwefel- und Salzsäure in großen Mengen in das Dränwasser gespült. Dieser Vorgang ist die notwendige Einleitung zur Bindung des Ammoniaks im Boden und der darauffolgenden Nitrifikation. Reicht der kohlensaure Kalk für diese Umsetzung nicht aus, so werden die Ammoniaksalze den Pflanzen leicht gefährlich. Da auch die Sulfate und Chloride des Kaliums wie die des Ammoniaks Gips und Chlorkalk bilden, die nicht vom Boden absorbiert werden, so sieht man, wie notwendig eine periodische Kalkung ist.

Der Tätigkeit der Tiere und Pflanzen in bezug auf die Veränderung des Bodens ist im zweiten und dritten Bande dieses Werkes Erwähnung getan; die Arbeit der Bodenbakterien, deren landwirtschaftliche Bedeutung in sehr übersichtlicher kurzer Zusammenfassung von Behrens[1]) und Hiltner[2]) dargelegt worden ist[3]).

Nach ihrer hauptsächlichsten Arbeitsleistung könnten wir bei den Bakterien von solchen, die die Stickstoffwanderung auslösen, und anderen, welche die kohlenstoffhaltigen Verbindungen angreifen (wie z. B. die Pektin- und Zellulosevergärer), und endlich von Humusbildnern und Humuszersetzern sprechen. Aber die Tätigkeit dieser Organismen an ihrem Nährsubstrat ist nicht allein zu würdigen, sondern, und zum Teil vorzugsweise, ihre gegenseitige Beeinflussung. Einzelne Gattungen oder Arten schließen einander aus, andere unterstützen einander. Der ganze Chemismus der Bodenbakterien in allen möglichen und selbst häufigen Kombinationen ist nach den neueren Forschungen derartig verwickelt, daß es unmöglich Aufgabe dieses Werkes sein kann, diese nur mittelbar wichtigen Dinge auseinanderzusetzen. Es muß da auf die umfangreichen Spezialwerke hingewiesen werden, schon um nicht eine zu große Ausdehnung dieses Kapitels hervorzurufen.

Zahlreichen Bakterienarten kommt die Fähigkeit der Denitrifikation, also der Reduktion des Salpeterstickstoffs bis zum freien in die Luft entweichenden Stickstoff, zu. Auf diesen Vorgang hat man die Tatsache zurückführen wollen, daß frischer Stallmist unter Umständen im Boden enthaltenen Salpeter schädigt, und daß Strohdüngung nachteilig wirkt.

Für die Betrachtung der Nährstoffwanderung und -wandlung durch die Bodenbakterien kommt schließlich auch noch der Vorgang der Stickstoffsammlung, d. h. der Assimilation des freien Stickstoffs, durch Bakterien in Betracht (vgl. Bd. II). Außer dem von Winogradsky vor langer Zeit bereits festgestellten anaëroben *Clostridium Pastorianum* (*Pasteurianum*), das bei genügenden Mengen von Kohlenhydraten den elementaren Luftstickstoff zu seiner Ernährung verwenden kann, sind durch Beijerinck auch sauerstoffliebende Arten, wie *Azotobacter chroococcum*, aufgefunden worden. Diese in jedem Ackerboden vorhandene Art konsumiert äußerst große Mengen von Kohlenhydraten bei ihrer Stickstoffassimilation (nach Gerlach und Vogel 8,9 mg Stickstoff bei 1 g Traubenzucker). (Vgl. S. 228 Fußn. 3.)

---

[1]) Behrens, Die durch Bakterien hervorgerufenen Vorgänge im Boden und Dünger. Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1901, Heft 64.

[2]) Hiltner, L., Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie usw. Arb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges. 1904, Heft 98.

[3]) Vgl. auch Ramann a. a. O. 3. Aufl. S. 413ff. — E. Heine, Bodenbakterien. Gartenflora LIX (1910), S. 165—176.

Eine bisher in ihren Ursachen nicht genügend geklärte Erscheinung ist die Bodenmüdigkeit, die auch in der Praxis nicht immer die nötige Beachtung gefunden hat. Zwar ist den Landwirten die Fruchtfolge schon seit langem als für die Erntemenge äußerst wichtig bekannt, in forstlichen Kreisen begegnet man aber noch heute hier und da einem ungläubigen Kopfschütteln, wenn auf das Bedenkliche der Aufzucht mehrerer Generationen derselben Baumart auf dem gleichen Gelände aufmerksam gemacht wird. Natürlich ist es für eine Generation von Menschen meist nicht möglich, noch die Folgen zu sehen, und die folgende Generation hat die Bestandesbilder der früheren nicht gesehen. Das so sehr häufige Versagen der zweiten, dritten oder vierten Kieferngeneration zum Beispiel ist außer der Verschlechterung der Bodenverhältnisse durch die Ausbildung schädlicher Humusformen, über die früher gesprochen wurde, sicher nicht zum kleinen Teil auf Bodenmüdigkeit zurückzuführen. Ein Mischbestand kann der Theorie nach „ewig“ sein; die einzelnen Arten ersetzen sich gegenseitig, wie man z. B. an ungestörten Beständen des Bialowieser Urwaldes studieren kann, nicht aber der reine gleichartige und womöglich gleichaltrige Bestand, der Typus der „Forst“, aus dem dauernd alles „Fremde“ entfernt wird.

Das Bild der Bodenmüdigkeit läßt sich wohl nirgends in einwandfreierer Form beobachten als in den botanischen Gärten, wo stellenweise Jahr für Jahr dieselbe Art auf dasselbe Stück Land gesät oder gepflanzt wird. Das Bild, welches sich ergibt, ist das des typischen Nahrungsmangels, wie er etwa weiter unten beim Zwergwuchs besprochen wird, oder auch wie er bei der zu dichten Saat (vgl. S. 125ff.) infolge der Wurzelkonkurrenz zustande kommt. Dabei scheiden beide in den erwähnten Fällen wirksamen Schädigungen aus; denn zu dicht sind die Pflanzen nicht gesetzt, sie machen sich keine Wurzelkonkurrenz, und der Nahrungsmangel würde sich durch reichlichen und luftreichen Dünger beheben lassen. Das geht aber nicht, trotz aller Nahrung und Bodendurchlüftung „verhungern“ die Pflanzen, werden zu Kümmerformen; nur an den Rändern der Beete werden sie zu kräftigen Pflanzen. Wird der Boden tief umgegraben, so wird die nächste Generation um so besser, je tiefer die jetzt obenliegende Erdschicht herausgeholt wurde, trotzdem die neue Oberfläche „roher“ oder „toter“ Boden ist.

Die Ursachen für die Bodenmüdigkeit sind nun in sehr verschiedenen Dingen gesucht worden. Nach langjährigen Beobachtungen der Erscheinung in den Forsten und im Garten möchte der Herausgeber für das Wahrscheinlichste halten, daß Wurzelausscheidungen, Exkretstoffe, wie sie jeder lebende Organismus absondert oder in sich aufspeichert, die Wachstumshemmung bewirken; denn um eine solche handelt es sich: die bodenmüden Pflanzen sind zunächst nicht krank, nur „müde“. Es wäre danach auch die Vermutung Sorauers (3. Aufl. I S. 270) nicht unwahrscheinlich, daß z. B. durch spezifische Wurzelausscheidungen einer bestimmten Pflanzenart Bakterienarten angelockt und zu starker Vermehrung veranlaßt werden, welche einzelne Nährstoffe, vor allem aber den Stickstoff, in eine für die Kulturpflanze ungünstige Form überführen; dann kann der Fall eintreten, daß die Chemie den Gesamtnährstoffvorrat als genügend, ja vielleicht als überreich nachweist und die Pflanzen doch in ihrer Produktion zurückgehen. Darauf bezügliche Versuche erwähnt z. B. Hiltner, der bei Erbsen, welche im Laufe von drei Jahren siebenmal

in derselben, nur verschieden gedüngten Erde in Töpfen erzogen worden waren, in der dritten Generation ausgesprochene Anzeichen der Bodenmüdigkeit wahrnahm. „Die Pflanzen kränkelten, neigten leicht zu Befall, vergilbten vorzeitig und gaben schlechte Ernten.“ In den späteren Generationen wurde bei diesem Versuch die Erkrankung überwunden. „Die Wurzeln der Erbsenpflanzen waren jetzt auffallend gebräunt, innerlich aber ganz weiß und gesund, und es ließ sich nachweisen, daß nunmehr eine regelrechte *Bakteriorhiza* vorhanden war, die, gebildet durch angepaßte nützliche Bakterien, das weitere Eindringen der schädlichen Organismen verhinderte“[1]).

Bezüglich der Rebenmüdigkeit zitiert Behrens (a. a. O. S. 110) die Beobachtungen von A. Koch, wonach dieselbe durch eine Anhäufung schädlicher Mikroorganismen hervorgerufen wird. Nach dem Sterilisieren des kranken Bodens (nicht des gesunden) wurde das Rebenwachstum besser.

Wenn eine solche Verschiebung in der Zusammensetzung der Bakterienflora nach der kulturschädlichen Richtung hin stattfindet, dann erklärt sich auch die Steigerung der Bodenmüdigkeit durch eine in kurzen Zwischenräumen vor sich gehende Wiederholung des Anbaues derselben Pflanze auf einem bestimmten Ackerstück. Und diese Ansammlung feindlicher Elemente wird nicht bloß für die Bakterien ihre Gültigkeit haben, sondern auch für andere pflanzliche und tierische Feinde, welche Bodenmüdigkeit veranlassen können.

Unter den Bakterien, welche bei mehrmaligem Anbau von Leguminosen im Boden sich anhäufen, fand Hiltner, daß die Pektinvergärer in Wirksamkeit treten. Er fand, daß in stark erbsenmüden Böden vollkommen gesunde Erbsensamen besonders durch diese als starke Säurebildner bekannten Bakterien verfaulten.

Eine anderweitige Abweichung der normalen Bakterienarbeit im Boden ist die Vertorfung des Düngers. Man findet in schweren Böden oft noch nach Jahren den eingebrachten Dung ziemlich unzersetzt wieder. Ebenso vertorft bisweilen eine zu tief untergebrachte Gründüngung. Es vollziehen sich infolge des beschränkten Luftzutritts die Rohhumusbildungen. Die Herstellung einer richtigen krümeligen Humusdecke ist aber das Endziel unserer Bodenbearbeitung; denn durch den Humus erhalten wir die Ausgleichung der Extreme von Hitze und Kälte, Nässe und Trockenheit und den richtigen Nährboden, der den meisten Bodenbakterien erst die Existenzmöglichkeit liefert. Ist diese vorhanden, dann entwickelt die Ackerkrume ihr eigentliches Leben, das bis zu einem gewissen Grade durch die Kohlensäureproduktion meßbar ist. Wie dabei die Bakterien mitwirken, zeigen einige Angaben von Stoklasa und Ernest[2]), welche die Atmungsintensität von 100 g Trockensubstanz des *Bacterium Hartlebii*, einer Denitrifikationsbakterie, auf 2,5 g Kohlendioxyd pro Stunde berechneten; bei derselben Menge Trockensubstanz von *Clostridium gelatinosum*, einem Ammoniakbildner, ergab die Kultur 2,0 g Kohlensäure. Daß die Kohlensäureproduktion eines Ackers wirklich vom Bakterienleben in erster Linie abhängig ist, beweist der Umstand,

---

[1]) Bodenpflege und Pflanzenbau. Arb. d. D. Landwirtsch.-Ges. Heft 98, S. 74.

[2]) Stoklasa, J., und Ernest, A., Über den Ursprung, die Menge und die Bedeutung des Kohlendioxyds im Boden. Zentralbl. für Bakteriologie usw. II. Abt. 1905, Bd. XIV, Nr. 22/23, S. 725.

daß nach Sterilisation des Versuchsbodens keine Kohlendioxydproduktion zu beobachten war.

Über den Einfluß der Durchlüftung finden wir bei den genannten Autoren folgende Mitteilungen: Ein Waldboden aus tiefer Lage lieferte binnen 24 Stunden pro Kilo in Aërobiose 59, in Anaërobiose 0 mg, ein Torfboden in Aërobiose 41 mg, in Anaërobiose 7 mg Kohlensäure. Natürlich sprechen Wärme und Feuchtigkeit ausschlaggebend mit. Je reicher auf einem Acker die Kohlensäureproduktion, desto vollständiger vollzieht sich der chemische Prozeß der Bindung des flüchtigen Ammoniaks, wie Schneidewind[1]) beobachtet hat. Diese Frage kommt hier insofern in Betracht, als die Stickstoffverluste bei Zufuhr tierischen Dunges eine Verarmung des Bodenkapitals darstellen. Wurde Stalldünger in gewöhnlicher Behandlung in einer Düngergrube belassen, so zeigte er nach dreimonatiger Lagerung einen Stickstoffverlust von 30,31%; lagerte er aber auf einer Unterlage von stark Kohlensäure produzierenden altem Dünger, betrug der Verlust nur 16,94%. Hier mußte also die reichliche Kohlensäure das flüchtige Ammoniak gebunden oder doch die Dissoziation des gebildeten kohlensauren Ammoniaks verhindert haben.

Zu den empfindlichsten, weil häufigsten Schädigungen gehört der sogenannte „ungare Boden". Derselbe unterscheidet sich durch seinen Mangel an Elastizität von dem garen, der unter dem Einfluß der löslichen Bodensalze, Mikroorganismen und größeren Lebewesen, wie Regenwürmer usw., im Verein mit den Verwesungspilzen u. a. steht. Es muß also vor allem festgehalten werden, daß „Gare" keineswegs durch mechanische Lockerung durch den Pflug, die Egge und den Winterfrost erzielt werden kann, wie man es vielfach z. B. in sauren Heideböden versuchte, sondern nur durch die Tätigkeit der Lebewesen im Boden die bereits früher besprochene Krümelstruktur annimmt.

Außer den Bakterien hat man auch grüne Algen, deren Erscheinen als Zeichen einer guten Gare gilt, als Stickstoffsammler angesprochen. Nach Koch[2]) aber ist dies wohl nicht der Fall, sondern ihr Wert darin zu suchen, daß sie durch ihre Chlorophylltätigkeit den stickstoffbindenden Bodenbakterien kohlenstoffhaltige Nahrung liefern. Von den blaugrünen Algen behaupteten Beijerinck, Schlösing und Laurent die Fähigkeit, freien Stickstoff zu assimilieren, und ebenso sollen nach Saida[3]) eine Anzahl Schimmelpilze (*Mucor stolonifer* und *Aspergillus niger*) diese Fähigkeit besitzen.

Das Wachstum der Mehrzahl der die Fruchtbarkeit des Bodens bedingenden Organismen ist an einen reichlichen, dabei aber doch mäßigen Wechsel von Feuchtigkeit und abtrocknender Durchlüftung bei genügender Wärme gebunden, und diese Verhältnisse fehlen bei schweren Böden in nassen Perioden: der Boden bleibt ungar. Dasselbe wird erzielt, wenn zu starke Kontraste von Wärme und Kälte, Feuchtigkeit und Trockenheit auf den Boden wirken. Wenn beispielsweise ein Wald kahlgelegt wird,

---

[1]) Schneidewind, Zur Frage der Stalldüngerkonservierung. Deutsche landw. Presse 1904, Nr. 73. — Die Ernährung der landw. Kulturpflanze, 4. Aufl., Berlin 1921.

[2]) Koch, A., Bodenbakterien- und Stickstofffrage. Verh. d. Gesellsch. deutscher Naturf. zu Karlsbad. 1903. Teil I, S. 182.

[3]) Siehe Vogel, J., Die Assimilation des freien elementaren Stickstoffs durch Mikroorganismen. Zentralbl. f. Bakteriol. II, 1905, Bd. XV, S. 174. — Benecke, W., Bau und Leben der Bakterien 1912, S. 580ff. Dort auch weitere Literatur.

Sonne und Wind, Regen und Kälte, wie S. 105ff. betont ist, die Bildung von Rohhumus usw. bewirken, so ist wohl in erster Linie das Verschwinden von Regenwürmern, Verwesungspilzen usw. durch die scharfen Kontraste ausschlaggebend für den ungünstigen Wechsel des Bodenlebens. Hier läßt sich die Pflege der nützlichen Bodenorganismen nur durch fortgesetzte Bodenbearbeitung erzielen, und anerkannte Praktiker empfehlen möglichst schnellen Umbruch der Getreidestoppeln auf Lehmböden zur Erzielung eines größeren Stickstoffgewinns durch früher beginnende Gare. In der Lauchstädter Versuchswirtschaft wurden nahezu dieselben Erfolge durch frühzeitiges Pflügen wie durch eine Gründüngung erzielt. Auf allen schweren Böden ist das Herbstpflügen für die Frühjahrsbestellung das wesentlichste Vorbeugungsmittel gegen ungaren Boden.

Die sandigen Bodenarten werden nur dann der Kultur feindlich, wenn der Sand wirklicher Quarzsand ist und entweder rein oder in einem extrem hohen Prozentsatz (70—90%) vorhanden ist. In solchen Fällen ist in erster Linie das geringe Absorptionsvermögen als Kulturhindernis zu nennen. Die Krankheiten, welche durch Wasser- und Nährstoffmangel hervorgerufen werden, sind dem Sandboden vorzugsweise eigen. Je mehr tonige und humushaltige Beimengungen sich vorfinden, desto mehr schwindet die Gefahr, soweit sie nicht durch Auswaschen erheblicher Mengen leicht löslicher Mineralstoffe in anderer Weise wieder hervorgerufen wird.

Ein solches Auswaschen wird um so schneller erfolgen, je mehr die an sich bei der starken Erwärmbarkeit und Durchlüftung leichte Zersetzung der organischen Substanzen noch durch andere Umstände gesteigert wird. Daher muß man besonders vorsichtig mit der Freistellung und Streuentnahme in Waldungen sein.

Eine wesentlich gefahrdrohende Eigenschaft der sandreichen Bodenarten ist eben die starke Erwärmbarkeit und Ausstrahlungsfähigkeit. Reiner Sand besitzt das stärkste Wärmeausstrahlungsvermögen und infolgedessen auch die größte Betauungsfähigkeit. Wärmeaufnahme sowie -ausstrahlung werden geringer, je feinkörniger und weißer der Sand ist. Sand der letzteren Art ist solcher, der z. B. reich an Kalkkörnchen ist, während unter den gefärbten Sandarten diejenigen, welche reich an Eisenoxydhydrat sind, sehr warm werden und langsam abkühlen, also sich ähnlich wie tonhaltige Sande verhalten.

Die schnelle Erwärmbarkeit in den Frühlingstagen lockt die Vegetation zeitig heraus, und die nächtliche starke Abkühlung schadet durch vergrößerte Frostgefahr, während die später erwachende Pflanzenwelt auf wasserhaltenden, tonreichen Bodenstellen unversehrt bleibt.

Die Erscheinungen, welche in diesem und dem folgenden Kapitel zu behandeln sind, dürfen nur selten als alleinige Folgen eines Mangels oder Überschusses des Nährstoffkapitals im Boden aufgefaßt werden. Sie sind meist das Ergebnis des Zusammenwirkens zahlreicher Faktoren, unter denen der Feuchtigkeitsgehalt eine besonders maßgebende Rolle spielt. Wir wollen nicht vergessen, daß fast alle Krankheiten nur durch eine unpassende Kombination der normalen Vegetationsfaktoren zustande kommen und eine Störung des Gleichgewichtes der ineinandergreifenden Ernährungsvorgänge sind, wodurch bestimmte Prozesse zurückgedrängt werden und andere in störender Weise ein Übergewicht erlangen.

2. Wassermangel.

a. Allgemeine Erscheinungen des Wassermangels.

Das Welken.

Der Wassergehalt und das Wasserbedürfnis der Pflanzen stehen im Zusammenhang mit den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens, wie Hedgcock[1]) durch Vergleichskulturen in Quarzsand, Lehm, Salzboden, Humus usw. gezeigt hat.

Von dem Wassergehalt des Bodens und der Pflanze hängt auch die Wurzeltätigkeit ab, und diese Tätigkeit ist keineswegs nur eine passive, sondern, wie Sachs[2]) und spezieller noch Molisch[3]) gezeigt haben, durch die Wurzelausscheidungen auch eine wesentlich aktive, das anorganische und das organische Bodenmaterial zersetzende. Letztgenannter Forscher macht in dieser Hinsicht auf den Umstand aufmerksam, daß unverletzte Wurzeln in Berührung mit einer verdünnten Lösung von übermangansaurem Kali sich mit einem Niederschlag von Braunstein bedecken, also der Lösung den Sauerstoff entreißen. Mit Stengeln und Blättern gelingt der Versuch nicht. Auf leicht oxydable Körper, wie z. B. Guajak, Pyrogallussäure und Humus, wirkt das Wurzelsekret oxydierend. Eine Guajakemulsion wird dadurch gebläut. Das Wurzelsekret betrachtet Molisch als einen Autoxydator, der durch passiven molekularen Sauerstoff oxydiert wird, hierbei Sauerstoff aktiviert und damit die Verbrennung leicht oxydabler Körper veranlaßt. In Gegenwart von Gerbstoffen (Pyrogallussäure, Gallussäure, Tannin), die leichter oxydabel sind als das Guajakharz, erfolgt die Bläuung nicht; ebenso unterbleibt sie bei Anwesenheit der sauerstoffgierigen Humussubstanzen. Wurden vollständig unversehrte Wurzeln in verdünnte Rohrzuckerlösungen eingetaucht, zeigte sich nach einigen Stunden reduzierender Zucker; wahrscheinlich wird diese Umwandlung durch ein von der Wurzel ausgeschiedenes Ferment veranlaßt. Stärkekleister, auf wachsende Wurzeln von Keimlingen gebracht, zeigte nach wenigen Stunden nicht mehr die Stärkereaktion, sondern färbte sich durch Jod rotviolett; es war also durch die Berührung mit der Wuızel die Stärke zunächst in Erythrodextrin übergeführt worden und konnte in reduzierenden Zucker übergehen.

Die an der Spitze der Wurzelhaare wahrnehmbaren Wurzelausscheidungen durchtränken nicht nur die Membranen der Zellen, sondern können bei reicher Wasserzufuhr und herabgedrückter Transpiration in Tröpfchenform in die Umgebung der Wurzel übertreten und mit ihren Säuren (sie röten die blaue Lackmuslösung) die Mineralien anätzen und die organischen Stoffe zersetzen. Diese Wurzelarbeit läßt mit der steigenden Trockenheit nach. Wurzeln, die, an einen durchfeuchteten Standort gewöhnt, in einen trockenen gebracht werden, arbeiten, wenn die Pflanze einmal bis zum Welken gekommen ist, auch nach Wasserzufuhr nicht mehr so energisch betreffs ihrer Wasseraufnahme als solche, welche eine Welkperiode nicht durchzumachen hatten. Hedgcock meint, daß die Wurzelhaare sogar absterben.

---

[1]) Hedgcock, G. G., The Relation of the Water Content of the Soil to certain Plants etc. Botanical Survey of Nebraska. VI. Studies in the Vegetation of the State. 1902.

[2]) Experimentalphysiologie S. 189. Bot. Zeit. 1860, S. 188.

[3]) Molisch, H., Über Wurzelausscheidungen und deren Einwirkungen auf organische Substanzen. Sitzb. Kais. Akad. d. Wiss., Wien I. Abt., Okt. 1887.

Wie groß die Energiemenge ist, welche zur Wasserhebung, zum Einbohren in den Boden und zu den anderen Lebensäußerungen bei einer Wurzel erzeugt wird, kann man aus der Kohlensäureproduktion schließen. Kossowitsch[1]) hat darüber quantitative Bestimmungen geliefert. Er fand bei Wasserkulturen von Senfpflanzen, daß dieselben für die in ihren Wurzeln vor sich gehenden Lebensprozesse ungefähr dreimal so viel Kohlenstoff assimilieren mußten, als zur Bildung des Wurzelapparates selbst nötig war.

Die Stärke der Wurzeltätigkeit, namentlich ihre Arbeit des Wasserhebens, dürfte auch von den Temperaturdifferenzen zwischen den Medien abhängen, in denen die oberirdischen und die in der Erde befindlichen Pflanzenteile sich befinden. Je größer diese Differenz, desto energischer die Arbeitsleistung. Und wie groß solche Unterschiede sein können, beweisen die Messungen von Macdougal[2]) im Botanischen Garten zu Newyork. Er fand im Juni die Bodentemperatur in 30 cm Tiefe zeitweise um 26° C geringer als die der Luft. Natürlich wird der Wassergehalt des Bodens dabei ausschlaggebend, und die Differenzen schwächen sich in dem Maße ab, als der Boden trockener und der Luft zugänglicher wird. Die wasserhaltende Kraft, und bei Sandboden damit auch die Produktionsgröße, wird bei gleichem Bodenmaterial von der Körnerstruktur abhängen und um so größer sein, je feinkörniger der Sand ist. Wir haben darüber Versuche von Livingston und Jensen, welche verschiedene Pflanzenspezies unter sonst gleichartigen Verhältnissen in einem Boden kultivierten, der verschieden große Quarzkörner in den einzelnen Versuchsreihen beigemengt erhielt. Es zeigte sich, daß das beste Wachstum stets dort eintrat, wo der Quarzsand sehr feinkörnig war.

Daß die Erscheinungen des Welkens auch bei Wasserreichtum im Boden eintreten können, indem die Wurzeln unvollkommen funktionieren, ist bereits bei Besprechung des „physiologischen Welkens" erwähnt worden. In Böden mit hohem Gehalt an löslichen Salzen wird unter Umständen das Wasser so festgehalten, daß die Wurzel nur mühsam ihren Bedarf decken kann. Es treten dann die Erscheinungen zutage, welche man bei Anwendung hochkonzentrierter Nährstofflösungen auch experimentell hervorrufen kann: kurze Internodien, kleinere Blätter, kürzere Wurzeln, die große Neigung zur Fäulnis zeigen, Herabminderung der Produktion und Transpiration. — Eine weitere Ursache des Welkens ist die Temperaturerniedrigung des Bodens. Wird die Wärme nicht erreicht, welche eine bestimmte Pflanze braucht, damit ihre Wurzel das Geschäft der Wasseraufnahme beginnen kann (Kältestarre), während die Lufttemperatur die Verdunstung seitens des Blattapparates zuläßt, macht sich diese Störung des Gleichgewichtes zwischen Wasserverbrauch und -zufuhr alsbald durch Welken bemerkbar.

Ein spezieller nicht seltener Fall ist das Welken von Warmhauspflanzen bei Abkühlung der Töpfe während des Umarbeitens der Warmbeete oder bei dem Verpflanzen usw. Unerfahrene Gärtner gießen dann

---

[1]) Kossowitsch, P., Die quantitative Bestimmung der Kohlensäure, die von Pflanzenwurzeln während ihrer Entwicklung ausgeschieden wird. (Russ. Journal für experim. Landwirtschaft, 1904, V, vgl. Centralblatt für Agrikulturchemie, 1905, Heft 6, S. 367.)

[2]) Macdougal, D., Soil temperatures and vegetation. Monthly Weather Review for August 1903, vgl. Just, Bot. Jahresb. 1903, II, S. 557.

häufig und sehen einen Erfolg, wenn das vorgewärmte Wasser die Wurzeltätigkeit weckt. Bei Wiederholung der Abkühlung wird dasselbe Experiment ausgeführt, bis schließlich der Topf mit Wasser überladen ist und die Wurzeln durch Sauerstoffmangel zugrunde gehen.

Ein anderer Fall des Welkens der Topfkulturen wurde von Hellriegel beobachtet. Er fand, daß Pflanzen in großen Töpfen welkten, die einen mehr als dreimal so großen Wasservorrat führten als kleine Töpfe mit Pflanzen derselben Art, die nicht welkten. Dieser Umstand erklärt sich aus dem relativen Wassergehalt der Erde, der in den kleinen Gefäßen noch 14 bis 20% betrug, während die absolut größere Wassermenge bei der größeren Erdmasse der großen Gefäße so verteilt war, daß sie nur noch 11 bis 15% Bodenfeuchtigkeit repräsentierte. In diesem Falle war durch die schwierigere Bewegung des fester gehaltenen Wassers in den Bodenkapillaren den Wurzeln in den größeren Gefäßen die Aufnahme erschwert, so daß die Verdunstung das Übergewicht erlangte.

Gegenüber diesem physiologischen Welken möchten wir die Welkerscheinungen bei wirklichem Wassermangel im Boden als mechanisches Welken bezeichnen, weil der mechanische Wassertransport in den Gefäßen nachläßt. Natürlich muß bei starkem Wasserverbrauch der Blätter und geringem Nachschub in den Gefäßen der Luftgehalt steigen, und in dieser Steigerung des Luftgehaltes über ein gewisses Maß hinaus ist, wie Strasburger[1]) betont, die Behinderung der Wasserbewegung in den Achsenorganen zu erblicken. Dabei wird auch die Luft in den trachealen Elementen um so mehr verdünnt, je stärker an warmen Tagen Transpiration und Assimilation sind[2]), und die Folge ist, daß eine Befeuchtung des Bodens um so schneller zur Wirksamkeit gelangt. Im allgemeinen übt das Begießen einen um so geringeren Einfluß aus, je turgeszenter die Pflanze ist[3]). Die große tracheale Luftverdünnung kommt auch bei der bekannten Tatsache in Betracht, daß die bei heißem Wetter schnell welkenden Feldgewächse von der Betauung des Bodens in der Nacht schon Nutzen ziehen werden, namentlich, da die Verdunstung durch die Blätter zu dieser Zeit herabgedrückt ist.

Schließlich sei auch noch an die Verminderung der Beweglichkeit der Fiederblättchen (bei Klee, *Oxalis* usw.) bei der Einnahme von Tag- bzw. Nachtstellung, der reizbaren Ranken, Staubfäden, Griffel und anderer Organe bei anhaltendem Wassermangel gedacht. Bei *Mimosa pudica* geht die periodische Reizbarkeit verloren, und die Blättchen bleiben offen stehen: „Trockenstarre". Diese Trockenstarre macht sich an allen beweglichen Pflanzenteilen bemerkbar, gleichgültig, auf welche Reize der betreffende Teil reagiert; sie ist das erste Stadium akuten Wassermangels vor dem Beginn des eigentlichen Welkens.

---

[1]) Strasburger, Ed., Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891. Vgl. Bot. Zeit. 1892, S. 261.

[2]) Noll, Über die Luftverdünnung in den Wasserleitungsbahnen der höheren Pflanzen. Sitzungsbericht der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Bonn 1897. II, S. 148.

[3]) Chamberlain, Houston Stewart, Recherches sur la sève ascendante. Neuchatel 1897. Vgl. Bot. Jahresb. 1897, S. 73.

Über den Wasserverlust in welkenden Kleeblättern gibt Hellriegel[1]) folgende Zahlen:

an welken Pflanzen:	Blätter	71,0 % Wasser,	Blattstiele	78,4 %,
	,,	71,1 % ,,	,,	80,8 %,
an straffen Blättern zwischen den welken:		82,5 % ,,	,,	90,0 %.

An Trockensubstanz hatten die welken Blätter in den Blattflächen etwa 29 %, in den Blattstielen 19—21 %; dagegen die straffen Pflanzen in den Blattflächen 17,5 % und in den Blattstielen 10 %, also fast nur die Hälfte von jener der welken Pflanzen.

Produktionsänderung durch Wassermangel.

Ein Beispiel für die Beeinflussung des Getreides durch Trockenheit liefern die Untersuchungen von Prianischnikow[2]), wonach der Stickstoffgehalt im Korn zunimmt, wenn die Feuchtigkeit sich verringert. Ein ausführlicheres Bild über den Einfluß der Nährstoffaufnahme und -verarbeitung in trockenen Jahren gewähren die Studien von Stahl-Schroeder[3]). Nach Erwähnung der bekannten Tatsache, daß Phosphorsäure das Reifen beschleunigt, Stickstoff und Kali dasselbe verzögern, wird betont, daß für die Nährstoffaufnahme die Monate vor der Blüte die bedeutungsvollsten sind. Herrscht in dieser Zeit Wassermangel im Boden, so wird eine geringere Menge organischer Substanz entstehen. Aber die leicht durch die Zellwände dringende Salpetersäure kann doch ihren Weg in die Pflanzen finden und ihrerseits wieder zur Phosphorsäureaufnahme anregen, um die Bildung von Proteïnstoffen zu bewirken. Auf diese Weise kommen in trockenen Jahren geringe Ernten mit hohem N- und P-Gehalt zustande. Die Stickstoffsteigerung tritt auch mehr zutage, da bei der Trockenheit die Stärkefüllung des Korns sehr erschwert wird. Der umgekehrte Fall läßt sich bei den norwegischen Kornproben feststellen, deren hohes absolutes Gewicht durch reiche Stärkeeinlagerung bedingt ist. Diese erklärt sich durch das Wachstum des Getreides bei reichlicher Feuchtigkeit unter dem Einfluß der langen Tage.

In direkten Zahlen ausgedrückt finden wir das Sinken der Produktion mit dem Rückgang des den Pflanzen zur Verfügung stehenden Wassers bei Versuchen von Hellriegel mit Gerste in mit Sand gefüllten Töpfen.

Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserhaltenden Kraft	Trockensubstanz in Stroh und Spreu	in Körnern	
80—60	7394 Mg	4896 Mg	Durchschnitt von je drei Pflanzen
60—40	5988 ,,	4133 ,,	
40—20	4842 ,,	1942 ,,	

Die Töpfe mit einer Bodenfeuchtigkeit unter 20 % der Wasserkapazität des Sandes litten durch die Sonnenhitze derart, daß die Ähren in den obersten Blattscheiden sitzen blieben, ohne zur Körnerbildung zu gelangen.

[1]) Hellriegel, Beiträge zu den naturwissensch. Grundlagen des Ackerbaues; Braunschweig 1883, S. 544.

[2]) Prianischnikow, Über den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Entwicklung der Pflanzen. Journ. f. experim. Landw. 1900, I, S. 19.

[3]) Stahl-Schroeder, Kann die Pflanzenanalyse uns Aufschluß über den Gehalt an assimilierenden Nährstoffen geben? Journ. f. Landw. 1904. Vgl. Biedermanns Centralbl. f. Agr. Chem. 1905, Heft 2.

In scheinbarem Widerspruch mit solchen Ergebnissen steht die Beobachtung der Praktiker, daß in vollkommen ausgetrockneten, sogenannten staubtrockenen Böden die Pflanzen weiterwachsen können, obgleich der Untergrund ganz steril ist. Solche Fälle finden ihre Erklärung darin, daß der sterile Untergrund wasserhaltig ist und die Wurzeln in der Feuchtigkeit bleiben. Experimentell hat diesen Fall Haberlandt[1]) studiert, der den unteren Teil der Wurzeln seiner Versuchspflanzen in destilliertes Wasser tauchen ließ, während die oberen Wurzeln in Bodenschichten verhaarten, die, wie Kontrollversuche ergaben, so trocken waren, daß die Pflanzen darin verwelkten. Die mit ihren äußersten Wurzeln in destilliertes Wasser tauchenden Pflanzen zeigten eine nicht unbeträchtliche Zunahme an Trockensubstanz, woraus hervorgeht, daß die im Trockenen befindlichen Wurzeln Mineralsubstanzen aufgenommen haben müssen. Aus dieser Arbeitsteilung der Wurzeln erklärt sich das Wachstum unserer Kulturpflanzen mit tief in einen sterilen, aber feuchten Untergrund hineinreichenden Wurzeln trotz trockener Ackerkrume.

Diese vorzugsweise bei Getreide dargestellten Änderungen in der Produktion erfolgen nach Hellriegel bei anderen Kulturpflanzen gleichsinnig.

Ravaz und Verge[2]) besprechen den Fall, bei dem durch das Vorhandensein vieler Früchte bei außergewöhnlicher Trockenheit die Pflanzen des Weinstocks geschädigt und geschwächt wurden, während bei rechtzeitiger Entfernung eines Teiles der Blüten oder Früchte diese Schädigung ausblieb. — Rüstern vgl. oben Tubeuf S. 287 Fußn.

Für den Einfluß der Trockenheit auf den Befall der Pflanzen durch Pilze hat Haberlandt bei seinen Versuchskulturen ein schönes Beispiel beigebracht. Von drei mit Weizen besäten, während der ganzen Vegetationszeit dicht beieinander stehenden Töpfen war derjenige, dessen Pflanzen nur gerade so viel Wasser empfingen, um sich am Leben zu erhalten, vom Meltau (*Erisiphe graminis*) derart heimgesucht, daß dem Pilz jedenfalls ein großer Teil der Schuld für die gänzliche Mißernte zugeschrieben werden mußte. Der danebenstehende, reichlich bewässerte Topf war fast gänzlich von dem Schmarotzer verschont[3]). Noch schlagender ist ein von Sorauer beobachteter Fall mit *Podosphaera leucotricha* Salm. Von einer Anzahl junger Apfelbäume in Töpfen stand die Hälfte in einem Glashause, die andere hinter demselben im Freien. Alle Exemplare hatten über Winter ihre Oidienform vom Vorjahre behalten. Die im Glashaus der Sommerhitze ungeschützt ausgesetzten Pflanzen verkümmerten durch die Überhandnahme des Meltaues, der sich bis zur Kapselfrucht entwickelte. Die hinter dem Glashause im Halbschatten und in bewegter Luft stehenden Apfelbäume verloren den Meltau.

Über die hindernde Wirkung wasseranziehender Substrate auf die Keimung vgl. Heinricher[4]).

---

[1]) Haberlandt, vgl. Biedermann's Centralbl. f. Agr.-Chem. 1878, 314.

[2]) Ravaz, L., u. Verge, G., Sur quelques effets de la sécheresse. Conséquences à en tirer pour la taille de la Vigne. Progrès agricole et viticole 1911.

[3]) Biedermanns Centralbl. 1873, II, S. 402.

[4]) Heinricher, E., Warum die Samen an den Pflanzen auf Mistelschleim nicht oder nur schlecht keimen. Anzeigen d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. Wien 1917, 54 Sg., S. 236—238. — Über tötende Wirkung des Mistelschleims auf das Zellgewebe von Blättern und Sprossen. Anzeigen d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. Wien 1917, math. nat. Kl. 54 Sg., S. 238—239, Ref. Zeitschr. f. Pflzkrkh., XXVIII (1918), S. 302.

Zwergwuchs[1]) (Nanismus, Stauchlinge).

Wie jeder Organismus, hat auch die Pflanze die Fähigkeit, den verschiedenen Verhältnissen innerhalb weiter Grenzen sich anzupassen, Ein Individuum kann, wenn es von Jugend auf an sehr geringe Wassermengen gewöhnt wird, mit der Hälfte der Wassersumme auskommen, die eine unter Wasserüberschuß sich entwickelnde Pflanze derselben Art und Varietät braucht. Natürlich ist der Aufbau des ganzen Individuums diesen Verhältnissen angemessen. Eingehendere Untersuchungen liegen bei der Gerstenpflanze vor[2]), welche bei verschiedenem Wassergehalt des Bodens (10, 20, 40 und 60% der wasserhaltenden Kraft) kultiviert worden war. Der günstigste Wassergehalt für die Kultur dürfte etwa bei 50—60% der Wasserkapazität eines Bodens zu suchen sein.

Im Versuch zeigte sich, daß die Pflanze selbst bei nur 10% Wasser sich mit ihrer Organisation eingerichtet hatte; es war absolut wenig Blatt- und Wurzelsubstanz gebildet worden, aber das Verhältnis zwischen Körnern und Stroh war das normale; also etwa ebensoviel Trockensubstanz in Form von Körnern wie in Form von Stroh. Bei derselben Menge an Nährstoffen im Boden wuchs die Trockensubstanz, je mehr die Pflanzenwurzel Wasser zugeführt erhielt. Bei zuviel Wasser (also über 60% der wasserhaltenden Kraft hinaus) wurde absolut weniger Trockensubstanz produziert, und diese geringere Menge wurde noch wertloser, da das Verhältnis zwischen Stroh und Körnern sich zuungunsten der letzteren änderte. Eine Messung der Blätter ergab, daß dieselben um so länger und breiter wurden, je mehr Wasser gleichmäßig zugeführt worden war. Diese größeren Blätter bei stärkerer Wasserzufuhr werden teilweise durch Vermehrung der Zellen, teilweise durch größere Ausdehnung derselben bedingt. Wenn die einzelnen Oberhautzellen größer sind, dann ist von vornherein anzunehmen, daß auch die der Oberhaut angehörenden Atmungsapparate, die Spaltöffnungszellen, an der größeren Streckung teilnehmen, also größer sein werden, daß sie aber auch durch die größere Streckung der Oberhautzellen weiter voneinander gerückt erscheinen werden. Die direkte Messung bestätigte diese Annahme, so daß also pro Quadratzentimeter eines im Wasserreichtum gewachsenen Blattes weniger, aber größere Spaltöffnungen zu finden sein werden als bei den unter Wasserarmut des Bodens erwachsenen Pflanzen. Die Untersuchungen von H. Möller[3]) haben festgestellt, daß solche Pflanzen, welche infolge von Wassermangel verzwergen (Nanismus), sich in ihrem Aufbau anders verhalten als solche, bei denen eine Verzwergung durch Mangel sämtlicher Mineralstoffe in ungenügend konzentrierter Lösung hervorgebracht wird. Bei letzteren wird die geringere Breite der Blätter nicht durch geringere Breite der Zellen, wie bei Wassermangel, sondern durch geringere Menge der Zellen wahrscheinlich veranlaßt, da die Messungen dieselbe Zellenbreite und dieselbe Größe der Spaltöffnungen bei Pflanzen aus genügender Nährstofflösung und aus

---

[1]) Vgl. auch Küster, E., Patholog. Pflanzenanatomie, S. 23, als Beispiel für Hypoplasie. Molisch, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei, 4. Aufl. (1921), S. 34ff., Fig. 13, 14. — M. unterscheidet scharf zwischen dem erblichen bzw. individuellen Zwergwuchs (den „nana“- oder „pumila“-Formen der Gärtner) und dem durch mangelhafte Ernährung verursachten.

[2]) Sorauer, Einfluß der Wasserzufuhr auf die Ausbildung der Gerstenpflanze. Bot. Zeitung 1873. S. 145.

[3]) H. Möller, Beiträge zur Kenntnis der Verzwergung (Nanismus). Landwirtschaftl. Jahrbücher von Thiel. 1883. S. 167.

ungenügend konzentrierter Lösung nachwiesen. Diese Differenzen sind erklärlich; es wird bei mangelhafter Zufuhr der Gesamtmineralstoffe die Zellvermehrung leiden, bei Wassermangel allein dagegen die verminderte Zellstreckung in den Vordergrund treten. Wie einige Versuche von Möller mit *Bromus mollis* zeigen, ist dieser Nanismus nicht erblich, da aus Samen von Zwergpflanzen Riesenexemplare gezogen werden können. Indes erzeugen bei gleichen Vegetationsbedingungen die von normalen Pflanzen abstammenden Samen doch kräftigere Exemplare als das von verzwergten Pflanzen herrührende Saatgut, was ja verständlich ist, da naturgemäß die Keimlinge von Anbeginn schwächer sind.

Der von Möller studierte Fall des Nanismus aus Nährstoffmangel ist auf sandigem Boden nicht selten; dabei spielt der Mangel an Stickstoff die Hauptrolle. Hier pflegt der Nanismus sich dadurch zu charakterisieren, daß sich außer der allgemeinen Reduktion die Verhältnisse der einzelnen produzierten Organe zueinander verschieben. Im Verhältnis zur Gesamtproduktion erlangt der Wurzelkörper größere Ausdehnung, aber die Organe der sexuellen Sphäre erleiden einen größeren Rückgang. Die Anzahl der Blütenanlagen ist äußerst gering. An Stelle einer Traube oder Rispe finden wir manchmal nur eine einzige Blüte, und da, wo eine größere Menge von Blumen angelegt ist, produzieren nur einzelne wirklich keimfähige Samen. Daß die Blattformen dabei auch vereinfacht werden, ist leicht zu verstehen.

Bei dem durch physikalisch ungünstige Bodenbeschaffenheit, nämlich zu große Lockerheit veranlaßten Nanismus kann der Wassermangel allein in Betracht kommen. Man darf sich nur vergegenwärtigen, daß selbst bei reichlichem Gehalt des Bodens an mineralischen und organischen Nährstoffen die Größe der Pflanze von der Streckung der einzelnen Zellen abhängt und diese durch den von der Wasserzufuhr aus der Wurzel beeinflußten Turgor reguliert wird, und man kommt alsbald zu dem Schlusse, daß eine geringe Wasserzufuhr während der Vegetationszeit kleine, zwerghafte Exemplare erzeugen muß. Jede Exkursion über sandige Strecken, denen ein feuchter Untergrund fehlt oder doch sehr entfernt liegt, gibt Beispiele genug.

Vergleichende Studien über den Einfluß trockener und feuchter Standorte finden wir auch bei Duval-Jouve[1]), der feststellte, daß auf trockenen, heißen Standorten besonders die Ausbildung der Hartbastbündel gefördert, in schattigen, feuchten Lagen aber zurückgehalten wird. Sehr eingehend sind die Beobachtungen von Volkens[2]) an *Polygonum amphibium* in seiner Sand- und Heideform und der Wasserform. Bei der Sandform ist der Stengelumfang auf Kosten des zentralen Luftkanals geringer; die Rindenzellen sind stärker verdickt, und zwischen Rinde und Phloëm schiebt sich ein ziemlich breiter Ring ungemein verdickter, mechanischer Zellen ein. Es bildet sich ein geschlossener Holzzylinder, dessen Gefäßsystem fast zwei- bis dreimal so stark entwickelt ist wie bei dem der Wasserstengel; bei letzteren erleichtert das Fehlen dickwandiger Elemente und das Auftreten starker Luftlücken das Schwimmen. Die Blattstiele

---

[1]) Duval-Jouve, Histotaxie des feuilles. Ann. sc. nat. 1875, 1, S. 294, vgl. Bot. Jahresb. v. Just 1875, S. 432.

[2]) Volkens, Beziehungen zwischen Standort und anatomischem Bau der Vegetationsorgane. Jahrb. d. Kgl. Bot. Gartens zu Berlin. Bd. III, 1884, vgl. S. 46; Bot. Centralbl. 1884, Nr. 46.

der Wasserform, welche ohne jede mechanische Verstärkung sind, sind bis sechsmal so lang wie die der Landform, deren Mittelrippen durch starke Kollenchymstränge verstärkt sind. Die Palisadenzellen der Blätter sind in den Wassersprossen stärker entwickelt; dagegen fehlen ihnen die stark entwickelten Borsten auf der Oberfläche und außerdem die etwas größeren Epidermiszellen der Oberseite, welche bei der Landform einen schleimigen Inhalt bergen, der von Volkens als Wasserreservoir in Zeiten großer Trockenheit gedeutet wird.

Ähnliche starke Unterschiede in der Tracht und im anatomischen Aufbau wies Graebner[1]) bei einer Anzahl von Heidepflanzen nach, die zum großen Teil die Fähigkeit haben, in den sauren und nährstoffarmen Böden sowohl auf dem Trocknen als im Nassen zu wachsen. So zeigte z. B. *Juncus supinus* auf trockenen Heiden einen starken, geschlossenen, mechanischen Ring mit sehr dickwandigen, englumigen Schutzscheidenzellen, der sich an derselben Pflanze an überschwemmten Arten völlig auflöste und nur ganz dünnwandige Schutzscheidenzellen aufwies. Das dichte Mark des trockenen Standorts war in einen großen Luftkanal aufgelöst.

In neuester Zeit hat Rippel[2]) wichtige und umfangreiche Untersuchungen über den Einfluß der Bodentrockenheit auf den anatomischen Bau geliefert. Er kommt im wesentlichen zu dem Resultat, daß sich innerhalb der Laubblattregion der oberirdischen Achse von *Sinapis alba*, mit der er vorzugsweise operierte, von den unteren Blättern nach oben fortschreitend, eine Veränderung anatomischer Merkmale zu erkennen gibt, entsprechend den Unterschieden zwischen Jugend und Folgeform, und zwar Verdichtung der Blattnervatur, Zunahme der Spaltöffnungen, besonders auf der Oberseite, abnehmende Wellung der Seitenwände der Epidermiszellen, abnehmende Größe der Epidermiszellen, Abnahme der Blattdicke und Abnahme der Größe der Pallisaden, besonders in der Breite. Alle diese Veränderungen treten bei Wassermangel und reichlicher Ernährung bei der Verzwergung schneller und intensiver ein. Weiter wurde bei Trockenheit eine erhebliche Reduktion der mechanisch kollenchymatischen, also der nicht wasserleitenden mechanischen Zellen beobachtet neben der Zunahme an wasserleitenden Elementen. Die Trockenpflanzen zeigen bezüglich der anatomischen Merkmale gewisse Ähnlichkeiten mit den Sonnenpflanzen, namentlich auch bezüglich der höheren Assimilation.

Bei der bekannten Rose von Jericho (*Anastatica Hierochuntica*), dieser sich bei Trockenheit kopfartig zusammenschließenden Wüstenpflanze, beruht das Zusammenneigen der Zweige darauf, daß die Holzzellen auf den verschiedenen Zweigseiten eine verschiedene Quellungsfähigkeit in der Längsrichtung besitzen, welche mit einer ungleichen Verholzung Hand in Hand geht. In feuchtem Boden und feuchtem Klima gezogen, so in den Botanischen Gärten des nördlichen Europa, gehen alle diese Eigentümlichkeiten mehr oder weniger verloren; *Anastatica* gleicht dort einer locker gebauten Crucifere, etwa der Tracht einer zwergigen *Berteroa* oder eines *Lepidium*.

Von vornherein wird man sich sagen müssen, daß jede beschränkte Nährstoffzufuhr, die zum Nanismus führt, sich in der Zuwachsgröße, also

[1]) Graebner, Studien über die Norddeutsche Heide. Diss. Berlin 1895, Engl. Bot. Jahrb. X (1895), S. 500, Taf. IX, X.

[2]) Rippel, A., Der Einfluß der Bodentrockenheit auf den anatomischen Bau der Pflanzen. Habilitationsschrift Breslau 1919. Beih. Bot. Centralbl. XXXVI 1, S. 187—259.

in der Bildung der sekundären Gewebe am meisten ausprägen muß. Den anatomischen Nachweis hat Gauchery[1]) geliefert, der Fälle anführt, bei denen das Cambium nur wenige Zellreihen neu gebildet hat. Manchmal konnte er zwischen Phloëm und Xylem überhaupt gar keine meristematische Zone mehr feststellen; es muß also der ursprüngliche Cambiummantel infolge mangelhafter Ernährung alsbald in Dauergewebe übergegangen sein.

Stauchlinge. Bei den Pflanzen, die auf sandigem oder steinigem Boden unter vielfachem Wassermangel zu wachsen gezwungen sind, kommt eine andere Form der Hypoplasie[2]) (Hemmungsbildung) zur Erscheinung. Es ist nicht so sehr die Zahl der Zellelemente, welche vermindert erscheint, als deren Größe; es bilden sich nämlich Exemplare aus, die wir (Sorauer) als „Stauchlinge" bezeichnen möchten. Wir verstehen darunter Holzpflanzen, die nicht bis zur Verzwergung in ihrem Wachstum zurückgehalten werden, wohl aber durch die auffällige Verkürzung ihrer Achsenorgane einen gedrückten, knorrigen Habitus zeigen.

Bei diesem Habitus gilt als charakteristisches Merkmal die scharf hervortretende gesteigerte spiralige Drehung der Holzelemente des Stammes. Die schönsten Beispiele sehen wir bei *Syringa* und *Crataegus*. Wir können uns das Zustandekommen der verstärkten Spiralwindung erklären, wenn wir die Richtung der Holzzellen als die Diagonale eines Parallelogramms zweier Kräfte auffassen.

Am Scheitel jeder sich streckenden Achse wirkt einerseits das Streben nach Längenwachstum, bei dem als Schwellfaktor die Streckung des Markkörpers ausschlaggebend wird. Anderseits wirkt die allseitige Vergrößerung der jugendlichen Zellen auch als Ursache für die radiale Ausweitung des Stammkörpers. Wenn wir uns eine in der Längsstreckung begriffene, ganz jugendliche Holzzelle im Cambiummantel einer Stammspitze denken, so wird dieselbe um so weniger aus ihrer ursprünglichen Längsrichtung abgelenkt, je mehr das Längenwachstum des Stammscheitels im Verhältnis zum Dickenwachstum überwiegt. Je mehr aber die reichlich angelegten jungen Holzzellen, während sie sich verlängern, durch das Dickenwachstum des Markzylinders in der Richtung des Stammradius nach außen gedrückt werden, desto schärfer wird ihre spiralige Drehung. Deshalb sehen wir bei Pflanzen auf feuchtem, nahrhaftem Boden schlanke, lange Triebe mit geringer Spiraldrehung und auf wasserarmen Sandböden oder bei sonstigen Behinderungen des Längenwachstums kurze Achsen mit starker Drehung.

Unsere Auffassung findet ihre Bestätigung bei der später zu erwähnenden „Zwangsdrehung": Je mehr die Stengel tonnenförmig aufgetrieben sind, desto schärfer die spiralige Drehung der Blattspurstränge.

Wir erwähnen diesen Punkt deshalb, weil das Auftreten derartig stark gedrehter Stauchlinge als Symptom für die Beurteilung der Bodenverhältnisse wertvoll wird.

---

[1]) Gauchery, Recherches sur le nanisme végétal. Ann. sc. nat. Bot. 1899. VIII sér., t. IX.

[2]) Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903. S. 21. Hier reichliche Literatur.

Künstlicher Zwergwuchs (Zwerggehölze).

In der Literatur finden sich mehrfach Notizen, welche auf die von Japanern und Chinesen geübte Kunst hinweisen, hundertjährige Zwergexemplare von Bäumen als Tafelschmuck oder als Bestandteile ihrer Zwerggärten zu ziehen[1]).

Abb. 55 bringt die Ansicht eines lebenden Exemplars von *Cupressus obtusa*. Der Baum hat mit dem Topf eine Höhe von 86 cm und von der Erdoberfläche an von 60 cm. Die größte Breite der Krone beträgt 80 cm. Die in mehrfache vorspringende Leisten sich teilende Stammbasis hat 19 cm, der Stamm in der Kronenhöhe, wo die erste Verästelung sich zeigt, 12 cm Durchmesser. Das mit dichter Krone versehene gesunde Exemplar dessen Alter auf 100 Jahre geschätzt wurde, sollte etwa 1910 schon 350 Mk. kosten.

Die Untersuchung eines Stammstückes (Sorauer) von einem abgestorbenen Baum zerstört den Nimbus des Wunderbaren, mit dem diese Züchtungen japanischer und chinesischer Gartenkunst bisher umgeben gewesen. Eine Holzplatte von 8 cm Längs- und 6 cm größtem Querdurchmesser gab das Bild äußerst exzentrischer Jahresringe. Die

---

[1]) In einem Artikel über „Zwergbildung im Pflanzenreich" (Gartenwelt 1904, Nr. 49) zitiert Crube einen Bericht von Sir George Staunton aus dem Werke „Des Grafen Macartney Gesandtschaftsreise nach China", Berlin 1798. Staunton sah auf den Tischen im Audienzsaale zu Ting-hai Fichten, Eichen und Pommeranzenbäume, deren keiner höher als zwei Fuß war, und die oft reich mit Früchten besetzt erschienen. Auf der Erde des Topfes um die Stammbasis waren Steine aufgeschichtet, die verwittert und mit Moos überzogen waren, um dem Topfe das Aussehen hohen Alters zu geben. „An diesen künstlichen Zwergen aus dem Pflanzenreiche schien man in China durchgehends sehr viel Geschmack zu finden, denn wir fanden sie in der Folge in jedem einigermaßen angesehenen Hause." Es wird dann weiter erzählt, daß die „liliputischen" Bäume dadurch vermehrt würden, daß man um einzelne Zweige Lehm oder Gartenerde befestigt und dieselbe feucht hält, bis die Zweige in den Erdballen hinein neue Wurzeln entwickeln und nun abgeschnitten werden. Das Verfahren wird nach Unterbinden eines Zweiges oder Gipfeltriebes und Einhüllung der Schnürstelle mit Moos auch in einzelnen Fällen jetzt noch bei uns geübt. Es geschah in China, weil man beobachtet haben wollte, daß der künstlich herbeigeführte Zwergcharakter erblich werde. Unterstützt wird diese vermeintlich erblich gewordene Neigung bei dem neuen Individuum noch dadurch, daß man die Endknospe des Haupttriebes abdreht und denselben durch Draht in verschiedene Richtungen biegt. „Will man den Zwergbäumchen das Ansehen eines alten, bereits halb abgestorbenen Baumes verschaffen, so bestreicht man den Stamm oft mit Sirup. Dadurch werden Ameisen herbeigelockt, die, indem sie die Süßigkeit aufzehren, zugleich die Rinde beschädigen und ihr dadurch ein bräunliches, halbverwittertes Ansehen geben."

Vgl. auch Graebner, Die Naturwissenschaften 1921.

Ein etwas anderes Verfahren schildert Rein[1]) bei den Japanern, welche die Verzwergung oder „Nanisation" als „Tsukurimono" bezeichnen. Wir finden diesen Ausdruck in dem Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten von Ideta[2]) nicht. Nach Rein wird schon durch die Auswahl besonders kleiner Samen aus wenig entwickelten Individuen auf den Zwergwuchs hingearbeitet. Es kommt hinzu ein häufiges Beschneiden und Verpflanzen der Bäumchen in kleine Töpfe, wie wir dies aus dem oben im Text beschriebenen Querschnitt geschlossen haben. Ferner werden Stamm und Äste gedreht und zur Horizontalen herabgebogen. Auch Abkühlung des Wurzelballens soll zur Anwendung gebracht werden. Als in Japan zur Zwerganzucht besonders verwendete Pflanzen werden genannt: die Spielarten von *Acer palmatum*, die durch Einspitzen oder Anplatten „greffe par approche" veredelt werden, ferner *Pinus Massoniana* und *P. densiflora*, *Podocarpus nageia*, *Sciadopitys verticillata*. Von Obstbäumen eignet sich dazu die Kaki-Pflaume, *Diospyros kaki*, die Mume-Pflaume, *Prunus mume*, und Sakura, *Prunus pseudocerasus*, sowie *Amygdalus Persica*. Von Ziergehölzen werden *Evonymus Japonica* und Bambusrohr genannt. Vgl. auch Molisch, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 4. Aufl. (1921), S. 35 f., Fig. 13, 14.

---

[1]) Rein, J. J., Japan nach Reisen und Studien. Leipzig, Engelmann, 1886. Bd. II. S. 315.
[2]) Arada Ideta, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten in Japan. 3. Aufl. Tokio, Shōkwabō, 1903.

Entfernung des Markkörpers vom Rindenteil betrug auf der einen Stammseite 1,5 cm, auf der entgegengesetzten 6,5 cm. Die Zählung mit der Lupe ließ auf dieser Stammseite 30 Jahresringe, auf der schmalen nur 15 erkennen. Auf der im Wachstum begünstigten Seite fiel es auf, daß die Breite der einzelnen Jahresringe sehr wechselte. Man konnte vier Zonen unterscheiden. Jede derselben endete mit sehr schmalen Ringen, deren Tracheïden äußerst englumig und durch Verkienung braunwandig waren. Sonst war das Holz gesund. Der Rindenkörper entsprach in seinen Dimensionen der Holzscheibe, das heißt, er war an der engringigen Seite 1,5 mm,



Abb. 55. Zwergexemplar von *Cupressus obtusa* von 60 cm Höhe und 80 cm Breite. (Sorauer.)
Man sieht an der Stammbasis die Spaltung der oberirdischen Achse in eine Anzahl aus dem Topf hervorragender Wurzeläste.

an der weitringigen 4 mm dick. An einer Schmalseite fand sich eine eingebuchtete Stelle, bei der eine geringere Entwicklung des Holzkörpers durch eine stärkere, bis $5^1/_2$ mm dicke Borkenbildung ausgeglichen war. Hier verrät sich in den einzelnen Borkenschuppen zwischen den Tafelkorklagen eine Neigung zu Füllkork ähnlicher Lockerung.

Aus dem vorstehenden Befunde ist zunächst ersichtlich, daß die Angaben über das hohe Alter der Bäume irrtümlich sind; auch dem Berliner Botanischen Garten bzw. Museum überwiesene „uralte“ Zwerge waren stets nur einige Jahrzehnte alt. Mehr wie einige dreißig Jahre dürften derartige Bäume meist nicht alt sein, und ihr Zwergwuchs wird nach

unserem Dafürhalten dadurch erzielt, daß die Pflanzen in äußerst kleinen Töpfen bis zur völligen Durchwurzelung derselben gehalten werden. Dann folgt ein Verpflanzen in ein größeres Gefäß, wobei die Wurzelkrone über den Topf emporgehoben wird, um dem Wurzelballen möglichst viel Erde zur Ausnutzung zu gewähren. Nach dem Jahre des Verpflanzens entstehen zunächst weite Jahresringe, und diese verengern sich dann wieder in dem Maße, als der Topf durchwurzelt wird, bis der Zuwachs ein äußerst geringer geworden ist, und der letztgebildete Jahresring nur aus wenigen, gebräunten Herbstholz-Tracheïden sich aufbaut. Auf diese Weise entsteht die stelzenartige, von den frei herausragenden Wurzelästen getragene Stammbasis. Die Krone wird dadurch dicht erhalten, daß man die jungen Zweigspitzen leicht beschneidet oder mit Fäden abwärts bindet und hiermit eine stärkere Verzweigung erzielt. Ebenso dürfte bei dem jedesmaligen Verpflanzen der Wurzelballen beschnitten werden. Daß die Bäume feucht gehalten wurden, schließen wir aus den vereinzelt auftretenden Füllkorklockerungen in der Borke. Es hat auch bei uns keine Schwierigkeiten gemacht, Bäume aus den Gattungen *Thuja*, *Thujopsis*, *Biota*, *Cupressus* und ähnlichen durch entsprechende Behandlung zu derartigen zierlichen Zwergformen heranzuziehen.

Ein ähnliches Verfahren wird hier und da schon für Laubgehölze empfohlen. Bei der Treiberei der holzigen Blütensträucher ist es wünschenswert, kleine, möglichst reichblütige Exemplare zum Verkauf zu haben. Zur Erreichung dieses Zweckes werden die Sträucher in kleine Töpfe gepflanzt, zurückgeschnitten und bis zum Frühjahr möglichst lange in kühlen, dunklen Kellern gehalten, um das Erwachen der Vegetation über die natürliche Grenze hinauszuschieben. Eiskeller leisten in dieser Beziehung große Dienste. Wenn die Vegetation sich bereits im Freien bedeutend entwickelt hat, werden die Blütensträucher herausgebracht. Sie haben dann zur Ausbildung der Triebe eine ganz andere Kombination der Vegetationsfaktoren. An Stelle der feuchten Frühjahrsluft, der verhältnismäßig geringeren Sonnenwärme und der längeren, kühlen Nächte erhält die Pflanze trockene, lichtreichere, lange Tage mit wenig Niederschlägen. Infolgedessen bleiben die Zweige kurz, und die Augen bilden sich leicht zu Blütenknospen aus (vgl. unten unter Blütendrang).

Die chinesischen Zwergbäume haben wir bei der Besprechung des künstlichen Zwergwuchses an den Anfang gesetzt, weil sie das Nonplusultra desselben darstellen. Ihre Behandlung und daher ihre Lebensführung ist ganz ähnlich der unserer Zwergobstbäume. Auch bei diesen wird die natürliche Größe des Baumes durch gewaltsame Eingriffe auf ein Minimum reduziert dadurch, daß die Pflanze gezwungen wird, nur mit geringer Assimilationsfläche zu arbeiten und die erzeugten Assimilate in möglichst geringer Menge zum Aufbau neuer Langtriebe zu verwenden. Diese künstliche Herabminderung der Assimilation und des Längenwachstums bedingt eine geringe Saugung des Wurzelapparates und erzeugt daher, selbst an den besten Standorten, die Erscheinungen des Wasser- und Nährstoffmangels, und zwar vorwiegend des ersteren. Weiter unten wird bei der Besprechung des Blütendranges gezeigt werden, daß Wassermangel bei den ausdauernden Gewächsen im allgemeinen einen Rückgang des vegetativen Zuwachses und eine Förderung der Blütenbildung veranlaßt, und so wird auch hier der künstliche Zwergwuchs zur Erhöhung des Fruchtertrages herbeigeführt.

Genau wie bei den ostasiatischen Zwerggehölzen, wird jeder Langtrieb, soweit er nicht der Formierung des Baumes dienen soll, durch Drehen, Biegen, Herabbinden, Abkneifen, Schnitt usw. an seiner normalen Entwicklung gehemmt und die Pflanze so gezwungen, die erzeugten Assimilate zur Erzeugung von (fruchttragenden) Kurztrieben zu verwenden.

Verhaarung (Pilosis).

Pflanzen auf trockenem Boden erhalten schon ein behaarteres Aussehen, selbst wenn sich nicht mehr Haare als auf feucht stehenden Exemplaren derselben Art ausbilden. Wenn eine bestimmte Menge Haare auf einem Blatte gebildet wird, so rücken diese Haare auf einem kleineren Raum dadurch mehr zusammen, daß die sie trennenden Epidermiszellen kürzer bleiben. Hieraus erklärt sich teilweise schon die Beobachtung, daß Hochgebirgspflanzen bei der Kultur in der Ebene weniger behaart erscheinen; diese Pflanzen werden üppiger, die Dimensionen ihrer Organe größer, die Haare rücken weiter auseinander. Aber es findet in der Tat auch auf trockenen Standorten eine vermehrte Neubildung von Haaren statt. So zitiert Moquin-Tandon[1]) Beobachtungen von Linné, daß *Polygonum persicaria* an Wasserrändern ganz kahl, an trockenen Stellen mit Haaren besetzt erscheint; unser Feldquendel (*Thymus serpyllum*) verliert am Meeresstrande seine Kahlheit und erhält einen kurzhaarigen Überzug, Der Türkenbund (*Lilium martagon*), der seit langer Zeit in Gärten kultiviert wird, ist kahl; er wird aber wieder behaart wie die wilde Pflanze, wenn er auf schlechteren Boden kommt usw. Solche Erscheinungen lassen sich auch bei Gartenpflanzen beobachten, die durch Selbstaussaat auf sandigen Feldstellen sich entwickeln.

Auch bei dem Wurzelapparate sehen wir, je nach dem Aufenthalt der Wurzel, die Behaarung wechseln. Bei denselben Arten kann sich der Apparat in Form langer, schlanker, peitschenförmiger, wenig verzweigter, kahler oder fast kahler Äste entwickeln, wenn die Wurzel in Wasser oder in einen lockeren, mit Wasser gesättigten Sand taucht. Die Wurzeläste werden um so kürzer, knorriger, verzweigter und behaarter, je trockener im allgemeinen der Boden, je mehr also die Wurzel nur die feuchte Luft der Bodenzwischenräume zur Verfügung hat. In ganz trockener Luft entwickeln (nach Persecke[2]) die Wurzeln auch keine Haare mehr. Schließt man Wurzeln in feuchte Luft ein, so entwickeln sich die jungen Wurzelspitzen kurz oberhalb ihres fortwachsenden Endes ganz bärtig, da fast jede Oberhautzelle sich zu einem Haare ausstülpt.

Bei den oberirdischen Pflanzenteilen, welche an trockene Luft gewöhnt sind, muß der Feuchtigkeitsgrad der Luft auffallend gering sein, wenn die Haarbildung intensiv hervorgerufen werden soll, wie C. Kraus[3]) bei Kartoffelkeimen angibt. In sehr feuchter Luft sind die Kartoffelkeime derselben Sorte haarlos oder nur mit wenigen und kürzeren Haaren besetzt. Es ist also bei den oberirdischen Organen der Einfluß der feuchten Luft gegenüber der trockenen, welche die Behaarung verhindert; bei den meist auf tropfbar flüssiges Wasser angewiesenen Wurzeln wird derselbe

---

[1]) Pflanzen-Teratologie, übersetzt von Schauer, 1842, S. 61—64.

[2]) Persecke, Über die Formveränderung der Wurzel in Erde und Wasser. Inauguraldissertation, Leipzig 1877.

[3]) Kraus, Beobachtungen über Haarbildungen, zunächst an Kartoffelkeimen. Flora 1876, S. 153.

Effekt durch dauernde Wasserzufuhr erzielt, gegenüber dem haarbefördernden Einfluß der feuchten Luft.

Die extreme Haarbildung ist daher bei der ober- und unterirdischen Achse die Folge gleichsinnig wirkender Ursachen; es wird den Organen die gewohnheitsmäßig notwendige Wassermenge in dem Stadium, in welchem sie sich entwickeln, vorenthalten.

Zur Erklärung der Tatsache, daß größere Trockenheit des umgehenden Mediums die Haarbildung befördert, haben Kraus[1]) und Mer[2]) die Erscheinung herbeigezogen, daß mit der geförderten Haarbildung in trockenen Medien das Längenwachstum des Organs gemäßigt oder gehemmt ist. Beide Forscher meinen nun, daß das Material, das durch die verhinderte Längsstreckung der Zellen des Achsenzylinders erspart wird, zur Ausbildung der Haare verwendet wird. Außer den oben angeführten Beispielen von *Rhus* u. a. stützen auch Beobachtungen von Heckel die Ansicht, daß mit der überreichen Haarentwicklung mangelhafte Ausbildung anderer Teile Hand in Hand gehe. Heckel[3]) sah Exemplare von *Lilium martagon* und *Genista aspalathoides* mit ungewöhnlicher Behaarung unter Reduktion der Blütenteile. Kraus betont, daß mit der Abnahme des Längenwachstums eine Erhöhung des Turgors in der Querrichtung des ganzen Organs stattfinde (wie wir bei der Ausbildung des Markkörpers der „Stauchlinge“ angenommen haben), der sich auch auf die Epidermiszellen erstrecke und dieselben zur Ausstülpung von Haaren anrege. Vesque[4]) schreibt, wie Mer und Kraus, der vermehrten Transpiration die Beförderung der Haarbildung zu.

Die Anregung für die Epidermiszellen zur massenhaften Haarbildung erfolgt häufig auch von seiten parasitärer Tiere, wie z. B. von Milben, die mit ihren Mandibeln die jugendlichen Blätter verwunden und dadurch die sogenannte Filzkrankheit erzeugen. Es finden diese Haarbildungen bei den Gallen ihre Beschreibung. In der älteren Mykologie sind solche durch den Saugreiz von Milben entstandenen Haarfilze als Pilze (*Erineum*, *Taphrina*, *Phyllerium*) beschrieben.

b. Ursachen des Wassermangels.

Außer den allgemeinen Ursachen des Wassermangels, wie sie zeitweilig durch große Dürreperioden gegeben sind und in der Land- und Forstwirtschaft als die in erster Linie wirksamen bekannt sind, und den in den gärtnerischen Kulturen vorwiegenden Fällen der mangelhaften Bewässerung muß hier noch auf einige Vorkommnisse hingewiesen werden, die oft wenig Beachtung finden und deshalb in ihren Ursachen verkannt werden.

Einfluß der verschiedenen Vegetationsdecken.

Auf demselben Boden bei denselben Witterungsverhältnissen findet eine Kulturpflanze auf einem Teile des Ackers genügenden Wasservorrat zu ihrer Entwicklung und auf einem anderen Teile nicht, wenn auf ersterem

[1]) Kraus, Beobachtungen über Haarbildungen, zunächst an Kartoffelkeimen. Flora 1876, S. 153.

[2]) Mer, Recherches expérimentales sur les conditions de développement des poils radicaux. Compt rend. LXXXVIII (1879), S. 665.

[3]) Heckel, Du pilosisme déformant dans quelques végétaux. Compt. rend. XCI. 1880, p. 348.

[4]) Sur les causes et sur les limites des variations de structure des végétaux. Ann. agron. IX, S. 481; X, S. 14 (1884). Zit. Bot. Centralbl. 1884, XVIII, S. 259.

vorher eine anspruchslosere Art kultiviert worden ist, welche geringere Mengen Wasser dem Boden entzogen hat. Also die Vorfrucht wird für jede Bestellung von Bedeutung.

Der Wassergehalt ist, wie Wollny[1]) festgestellt, in der Wurzelregion eines mit Pflanzen bestandenen Ackers geringer als in der korrespondierenden Schicht des nackten Bodens. Je üppiger der Pflanzenbestand, je dichter und langlebiger derselbe ist, desto mehr verliert der Boden an Wasser. Die Versuche lassen zwar keine feste Skala des Wasserverbrauchs feststellen, doch weisen sie darauf hin, daß durchschnittlich die immergrünen Nadelhölzer die größten Wassermengen beanspruchen, worauf in absteigender Linie die Laubhölzer und perennierenden Futterpflanzen folgen, während die flachwurzelnden Ackergewächse den Gesamtvorrat an Wasser im Acker weniger in Anspruch nehmen. Am meisten scheinen von letzterer Gruppe die blattreichen, aufrechtstehenden Schmetterlingsblütler, wie Acker- und Buschbohnen, Wasser in ihrer Hauptentwicklungszeit zu verlangen, während die bei weitem Stande angebauten Wurzel- und Knollengewächse an letzter Stelle zu nennen sind. Im Sommer brauchen die perennierenden Futtergewächse etwas größere Mengen als die Ackerpflanzen und Nadelhölzer; im Frühjahr und Herbst ist es umgekehrt. Im Winter gleichen sich die Ansprüche der verschiedenen Gewächse aus mit Ausnahme der Nadelhölzer, welche bei milder Witterung immer noch gewisse Mengen Wasser dem Boden entziehen.

Denselben Gegenstand behandelt v. Seelhorst[2]), der zu dem Schlusse kommt, daß Roggen den Acker in bezug auf die Feuchtigkeit bedeutend weniger erschöpft als Weizen. Dieser Umstand wird sehr wesentlich für eine etwa nachfolgende Gründüngungspflanze; denn nach dem später das Feld räumenden Weizen kommt diese nicht nur später in den Boden, sondern findet nun auch einen viel trockneren Standort. Der Klee erschöpft das Land äußerst stark an Wasser, so daß in trockenen Jahren die ihm folgende Winterung, abgesehen davon, daß durch den Kleestoppel der Boden leicht sperrig wird, sich wegen Wassermangel nur langsam und ungleich entwickeln kann.

Dagegen scheint die Kartoffel, wenigstens die mittelfrühe, eine gute Vorfrucht zu bilden, da sie das Land ziemlich feucht zurückläßt. Auch Erbsen bilden eine gute Vorfrucht für die Winterung. Besonders ungünstig wird von v. Seelhorst der Hafer beurteilt, und zwar nicht so sehr wegen der Nährstofferschöpfung, als wegen der starken Wasserentziehung.

Im Anschluß an die Feldgewächse ist auch des schädlichen Einflusses einer Rasennarbe zu gedenken. Gräser trocknen die Oberflächenschichten des Bodens besonders stark aus. Feilberg[3]) hat für die Umgebung um Kopenhagen berechnet, daß kurzes Gras in den Monaten April bis September viel mehr Wasser verbraucht, als die Niederschläge ergeben; und zwar gibt er auf etwa 1 ha für Mai etwa 800, für Juni etwa 1000, für Juli etwa 700 und für August etwa 600 Kubikfuß oder etwas mehr Verdunstung aus dem Rasen an. Der Wassergehalt des Bodens

---

[1]) Wollny, E., Über den Einfluß der Pflanzendecken auf die Wasserführung der Flüsse. Vierteljahrsschr. d. Bayer. Landwirtschaftsrates 1900, S. 389.

[2]) v. Seelhorst, Untersuchungen über die Feuchtigkeitsverhältnisse eines Lehmbodens unter verschiedenen Früchten. Journ. f. Landwirtsch. L (1902), zit. Centralbl. f. Agr.-Chemie 1903, Heft 6.

[3]) Feilberg, P., Om Enge og vedvarende Gräsmarker. Tidsskr. for Landökonomie 1891.

nimmt deshalb vom Frühjahr zum Herbst allmählich ab. Daß eine geschlossene Narbe den Wurzeln der holzartigen Gewächse, namentlich den Obstbäumen, das Wasser wegfängt und die Krume verarmen macht, ist leicht verständlich; man hat aber sogar eine direkte Giftwirkung des Rasens behauptet[1]), die vielleicht darin zu suchen sei, daß durch die Grasnarbe nützliche Bakterienarten unterdrückt und schädliche begünstigt werden. In dem gemeldeten Falle waren die Wurzeln der Bäume (Apfelbäume) lang, abnorm dünn und gebräunt, das Laub war sehr hell und fiel 14 Tage früher ab. Die Belaubung war spärlich, der Holzzuwachs gering. Sobald die Wurzeln oder auch nur ein größerer Teil derselben in den nicht von Rasen gedeckten Grund kamen, verschwanden die Krankheitserscheinungen. Diese stimmen im wesentlichen mit den auf schweren, undurchlässigen Böden durch Sauerstoffmangel erzeugten (vgl. S. 130ff.) überein, so daß es keineswegs notwendig erscheint, eine Giftwirkung anzunehmen. Wir sehen, daß in vielen Fällen, namentlich auf leichten Böden, die Rasennarbe nicht schadet, wenn für Nährstoffe im Bereiche der Baumwurzeln Sorge getragen wird. Auf schließenden Tonböden wird der Rasen sich von dem kapillar aufsteigenden Wasser des Untergrundes lange grün erhalten und dem Untergrunde viel Feuchtigkeit entziehen, ohne ihm solche während der Vegetationszeit in nennenswerter Menge zurückzugeben, weil er die atmosphärischen Niederschläge für sich verbraucht.

Eine ähnlich austrocknende Wirkung kann anscheinend dichter Unterwuchs namentlich an Fichten haben; mehrfach[2]) wird in neuester Zeit von Wipfeldürre als Folge desselben berichtet, wenn nach reichen Samenjahren unter Fichten und Eichen der Fichtenunterwuchs zu üppig geworden ist.

Senkung des Grundwasserspiegels.

Zu den Erscheinungen, die sich in den Sandböden am verhängnisvollsten erweisen, gehört die durch Kanalbauten und Flußregulierungen stets häufiger eintretende Senkung des Grundwasserspiegels. Im Gegensatz zu der in den oberen Erdmassen festgehaltenen „Bodenfeuchtigkeit“ bildet das in die Tiefe absickernde und auf undurchlässigen Bodenschichten sich ansammelnde Grundwasser den Reservevorrat für die Wurzeln in Zeiten anhaltender Trockenheit.

In solchen Gegenden, die eine hohe absolute Menge der Niederschläge und geringere Verdunstung haben, erlangen die von dem Verlauf der jährlichen Niederschläge beherrschten Schwankungen des Grundwasserspiegels für die Vegetation nur geringe Bedeutung. In Gegenden aber mit geringen absoluten Niederschlagsmengen und hoher Verdunstung, wo die jährlichen Grundwasserschwankungen von der Verdunstungsgröße abhängig sind und wo der gleichmäßige Abfall der Grundwasserkurve auf ein allmähliches Abfließen durch Quellen und Flüsse hindeutet (s. Ramann a. a. O. S. 360ff.), wird eine Tieferlegung des Wasserspiegels von Kanälen und Flüssen von äußerst schwerwiegendem Einfluß. Der Boden trocknet gegen den Herbst hin stark aus, und die Vegetation ist auf das kapillar

[1]) Bedford, Duke of, and Pickering, Spencer, U., The effect of grass on trees. Third report of the Woburn exper. fruit farm. London 1903.

[2]) Müller, Wipfeldürre als Folge von Fichtenunterwuchs. Forstl. Wochenschrift Silva, 1921, S. 85f. — Eulefeld, Wipfeldürre als Folge von Fichtenunterwuchs. Ebendort S. 127f. — Müller, Zur Wipfeldürre der Fichten. Ebendort S. 142.

festgehaltene Wasser angewiesen, das um so geringer wird, je sandiger und grobkörniger das Erdreich ist. Ohne den Zuschuß des Grundwassers kann sich in solchen Lagen dauernd der Baumwuchs nicht halten.

Durch die im Abschnitt „Welken" angegebenen Tatsachen gewinnen wir einen Einblick in die Störungen, die sich in der Tätigkeit der Pflanzenwurzel einstellen müssen, wenn das Wasserkapital einer Gegend dadurch sinkt, daß der Grundwasserspiegel tiefer gelegt wird. Ein alter Baumbestand lebt davon, daß ein Teil seiner tiefgehenden Wurzeln in dem Grundwasserniveau sich befindet und den Verdunstungsverlust der Kronen in Zeiten zu decken vermag, wo das Bodenwasser durch längere Trockenperioden auf ein Minimum reduziert ist. Die in den von Grundwasser durchzogenen Erdschichten entstandenen Wurzeln sind diesen Verhältnissen angepaßt und gehen zugrunde oder funktionieren nur mühsam weiter, wenn sie der Trockenheit dauernd ausgesetzt sind. Es leidet nicht nur die Ökonomie des Baumes durch ungenügende Wasser- und Nährstoffzufuhr, sondern auch der Boden selbst, indem, ganz abgesehen von der Lahmlegung der Bakterienarbeit, die die Zersetzung des Bodenkapitals bewirkende Ausscheidungsfähigkeit der Wurzelhaare und Wurzelspitzen aufhört. Der Boden „verhagert", und die Bäume beginnen an der Peripherie ihrer Kronen tote Äste zu zeigen.

Das Absterben älterer Bäume. Am empfindlichsten gegen Grundwassersenkungen erweisen sich die Erlen, und es ist unschwer, in der Nähe neugezogener Kanäle oder regulierter Flußläufe kranke Erlenbestände zu finden. Eine sehr beachtenswerte Studie über das Erlensterben hat Appel[1]) in den Arbeiten der K. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft zu Dahlem bei Berlin (1905) geliefert. Er fand auf den absterbenden Zweigen eine Art aus der als Bewohner siecher oder toter Zweige bekannten Gattung *Valsa*, nämlich *V. oxystoma*, und erkannte, daß dieser Pilz nur dann parasitär wird, wenn die Erlen durch abnorme Umstände zu einer empfänglichen Unterlage werden. Nachgewiesenermaßen ist der hauptsächlichste disponierende Faktor die Trockenheit. Auch andere Ernährungsstörungen (Wurzelverletzungen, Ringelung usw.) vermögen eine Disposition für die Angriffe des Pilzes zu schaffen, aber eine Kräftigung der Erle in ihren Funktionen führt die Heilung der Krankheit herbei. Wenn man ein Erlensterben auf anscheinend nassen, undurchlässigen, eisenschüssigen Böden findet, so ist dennoch die Trockenheit als Ursache zu bezeichnen. Auf derartigen Böden kann die Erle mit ihren Wurzeln nur sehr flach streichen, und bei anhaltend trockener Witterung stellt sich in den oberen Bodenschichten ein gänzlicher Wassermangel ein, auf den die Erle sofort mit Vertrocknen des Laubes antwortet. Ein weiteres reiches Beweismaterial liefert bedauerlicherweise der Tiergarten bei Berlin, dessen schöner Baumbestand, darunter namentlich die Eichen, einen unaufhaltsamen Rückgang zeigt.

Natürlich brauchen nicht immer Kanal- und Flußregulierungen die Senkung des Grundwasserspiegels zu veranlassen. Für den Alten Botanischen Garten in Berlin beispielsweise war die Anlage der Untergrundbahn die Ursache des Versiegens des Wassers in den Teichen und der nunmehr schnell fortschreitenden Gipfeldürre. Am schnellsten und stärksten reagierten dort auf den Grundwasserentzug die flachwurzelnden Arten,

[1]) Vorläufige Mitteilung in d. Naturwiss. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft 2. Jahrg. 1904.

besonders die alten Birken, namentlich die der *B. pubescens*-Gruppe, die schnell zopftrocken wurden und abstarben. Auch die tiefwurzelnden Arten, wie Eichen, Eschen usw., litten, gesundeten aber zum Teil allmählich wieder. Auffällig ist, daß selbst *Taxodium distichum* nach anfänglichem Siechtum in den alten Exemplaren wieder gesundete und noch jetzt gesund ist (Kleist-Park). In anderen Fällen sahen wir mit Anwachsen der Ziegeleien und Tongräbereien in der Nähe von Waldbeständen das Absterben der Erlen zunehmen, weil die tiefen Tongruben das Wasser aus dem Walde gezogen hatten.

Man verschließt sich vielfach noch dem Hinweise auf die gefährlichen Folgen der Senkung des Grundwasserspiegels für unsere Baumbestände und betont, daß dieselben Baumarten, die auf entwässerten Böden an Gipfeldürre leiden, doch in sehr trockenen Lagen gut gedeihen. Bei diesen Einwänden vergißt man aber, daß nicht die Wasserarmut an sich das Eingehen der Bäume bedingt, sondern der schroffe Übergang von bisher reichlicher Bewässerung zu großer Trockenheit in den tieferen Bodenlagen. Wir können viele unserer Bäume auf sehr trockenen Böden anpflanzen, und der Organismus entwickelt sich dann den entsprechenden Vegetationsfaktoren gemäß, indem die Blätter klein und derb und die Internodien kurz werden; aber wir können meist nicht ungestraft plötzliche große Änderungen in den Wachstumsfaktoren vornehmen. Lassen sich derartige Störungen nicht vermeiden, ist unserer Ansicht nach die Regeneration des Baumbestandes das einzig wirksame Mittel. Junge Bäume zwischen die alten gepflanzt passen sich den veränderten Vegetationsbedingungen an.

Der Wechsel in der Durchfeuchtung des Bodens wird neuerdings[1]) als Ursache für das Lindensterben und das Sterben von Edelkastanien angenommen. In beiden Fällen starben ältere bis dahin gutwüchsige Bäume.

c. Besondere Schädigungen und Krankheiten durch Wassermangel.

Verfärbungen bei Gehölzen.

Das Typische bei Wassermangel und reicher Belichtung ist die kräftige Entwicklung der mechanischen Gewebe. Beispielsweise meldet Jönsson[2]) unter den Charakteren der Wüstenpflanzen, daß die Wände der Epidermiszellen vielfach verschleimt sind. Bei *Haloxylon*, *Eurotia*, *Calligonum*, *Halimodendron* wechselt Schleimkork schichtenweise mit gewöhnlichem Kork ab. Der Schleimkork ist sehr quellungsfähig und wird nach Sprengung des Schutzkorkes bloßgelegt, so daß er Wasser anziehen und festhalten kann. Auch in den Assimilationsgeweben finden sich schleimführende Zellen. Bei *Halimodendron* wird die sekundäre Rinde sehr mächtig und spongiös, wodurch sie die Temperaturextreme abschwächt und leicht Wasser speichern kann. In den peripherischen Teilen bilden reichliche Salzausscheidungen einen Schutz. Diese Merkmale ändern sich in Gegenden, die reich an Wassergehalt im Boden und in der

---

[1]) Kienitz, M., Lindensterben. Forstl. Wochenschrift Silva, 1921, S. 11. — Mittel, Zum Lindensterben. Ebendort 1921, S. 11f.

[2]) Jönsson, B., Zur Kenntnis des anatomischen Baues der Wüstenpflanzen. Lunds Univ.-Arsskrift XXXVIII. Vgl. Bot. Jahresb. 1902, II, S. 292.

Luft sind. So wurde beispielsweise bei *Halimodendron* in Kopenhagen kein Schleimkork gefunden.

Man kann durch künstliche Eingriffe lokalen Wassermangel und in der Folge Rotfärbung, Anthocyanbildung, damit hervorrufen, indem man Pflanzen, welchen eine rote Herbstfärbung eigen ist, an ihren Blättern einknickt oder ihre Zweige ringelt. Es tritt dann an den oberen Teilen über der Wundstelle mitten im Sommer Rotfärbung ein.

Betreffs der durch Hitze und Trockenheit hervorgerufenen Verfärbungserscheinungen[1]) gibt Sorauer (3. Aufl. S. 279) einige Beobachtungen aus dem Jahre 1892, das im August bei dem Auftreten heißer Winde ungewöhnlich hohe Temperaturen aufwies. Er fand am 19. August auf besonders schwerem Lehmboden eine Temperatur von 52,7° C. Sämtliche Gehölze welkten, und die Mehrzahl entlaubte sich allmählich. Natürlich waren auch hierbei große individuelle Unterschiede bemerkbar. Verfärbung und Blattfall gingen fast immer von den untersten Blättern der Zweige aus.

Aus zahlreichen Beobachtungen ergibt sich, daß durchschnittlich die von der Nervatur entferntesten Teile der Blätter zuerst und am meisten sich verfärben und vertrocknen; dabei oft Hebung der Ränder nach oben. Bei schnell eintretenden Hitzeperioden mit starker Sonnenwirkung treten die Brandflecke in den Vordergrund, bei geringerer Intensität des Sonnenscheins herrscht die allgemeine fleckenförmige Verfärbung vor.

Hierher gehört auch die besonders kräftige Entwicklung von Anthocyan[2]) auf dürren, mageren Lokalitäten, die selbst in den arktischen Regionen, wo die Rotfärbung bei der starken Belichtung eine vorherrschende Erscheinung ist, auffällig wird. Wulff[3]) führt ein sehr bezeichnendes Beispiel an. Er sah an Orten, die durch Vogelexkremente gedüngt waren, bei Pflanzen, die in ariden Gegenden in ihren vegetativen Organen stark gerötet erschienen, stets die Anthocyanbildung verschwinden.

Verfrühtes Vertrocknen des Laubes.

Wenn infolge der Sommerdürre das Laub abstirbt, wobei es meist wegen des Frischbleibens der Blattstiele am Zweige hängen bleibt, ist der Schaden, den der Baum erleidet, weit größer, als man in der Regel annimmt.

Man glaubte, es bestehe vorzugsweise die Schädigung in dem vorzeitigen Aufhören der Blattarbeit und der damit verbundenen geringeren Holzbildung usw. Es hat sich aber durch die Untersuchungen von Kraus[4]) erwiesen, daß neben diesem Mangel an Zuwachs auch ein positiver Substanzverlust eintritt, der viel größer ist als bei einer normalen herbstlichen Entlaubung. Die durch Dürre getöteten Blätter verhalten sich nämlich nicht so wie die im Herbst abfallenden Organe. Letztere haben die Mehrzahl der für den Pflanzenkörper noch verwendbaren Stoffe allmählich an den Stamm abgegeben und sich endlich durch eine rundzellige Trennungsschicht losgelöst; die verdorrten Blätter, bei denen sich keine

---

[1]) Swanlund, J., Die Vegetation Neu-Amsterdam's und St. Pauli's in ihren Beziehungen zum Klima. Dissert. Basel 1901. Vgl. auch Miyoshi, M., Über die Herbst- und Trockenröte der Laubblätter. Journ. of the College of Science, Tokyo XXVII (1907) Art. 2.

[2]) Vgl. Gertz, Studier öfver Anthocyan. Lund 1906.

[3]) Wulff, Th., Botanische Beobachtungen aus Spitzbergen. Lund 1902.

[4]) Bot. Zeit. 1873, Nr. 26 und 27.

Trennungsschicht bildet, behalten ihre stickstoffhaltigen Bestandteile nebst der Phosphorsäure, und nur die Stärke samt dem Kali gelangt z. T. vor dem Tode des Blattes in den Stamm zurück. Durch das verfrühte Vertrocknen des Laubes gehen den Pflanzen nahezu doppelt so viel Stickstoff und Phosphorsäure verloren als durch den herbstlichen Laubfall. Dies beweist eine von Maerker ausgeführte Analyse von Blättern einer *Syringa*.

Es enthielten an Prozenten der Trockensubstanz:

	sommerdürre Blätter	herbstliche Blätter
Stickstoff	1,947	1,370
Phosphorsäure	0,522	0,373
Kali	2,998	3,831
Kalk	1,878	2,416
Mineralstoffe überhaupt (kohlensäurefrei)	8,028	9,636

Obige Mengen in Prozenten der Gesamtasche ausgedrückt würden sich folgendermaßen stellen:

	sommerdürre Blätter	herbstliche Blätter
Stickstoff	24,0 %	14,0 %
Phosphorsäure	6,5 %	3,8 %
Kali	37,3 %	39,7 %

Manche Gehölze erweisen sich als äußerst widerstandsfähig gegen die Bodentrockenheit, wenn alles ringsum gelb und verbrannt dasteht, sind sie frisch und grün, so *Ostrya*, *Petteria*, *Robinia*, *Acer negundo*, einige amerikanische *Prunus* usw.

Über das vorzeitige Abstoßen von Blättern[1]) und Zweigen vgl. weiter unten.

Vergilbung durch die Veredlungsunterlage.

Bei unseren Obstarten stellt sich ein Wassermangel manchmal dadurch ein, daß eine schnellwüchsige Sorte auf eine Zwergunterlage veredelt wird, die nicht imstande ist, in Zeiten starker Verdunstung das nötige Wasser dem Edelstamm zuzuführen.

Auf gutem Boden werden manchmal Birnen, die auf Quitte veredelt sind, gelb, während die auf Wildling gesetzten Exemplare kräftig gedeihen. Bei solchen Zwergstämmen sah Sorauer in trockenen Sommern, daß später in die Rinde eingespitzte, gut gewachsene Edelreiser kräftige, aber gelbliche Triebe machten, während die ältere Krone grün war. Auch hierin sieht er Erscheinungen des Wassermangels durch die Quittenunterlage, die (namentlich wenn sie hoch gepflanzt ist) nicht das nötige Wasser beschaffen kann. Birnen auf hochgepflanzten Quitten reifen daher ihr Laub schneller und werfen es früher.

Wirkungen der Dürre auf die Laubentwicklung der Feldfrüchte.

Die gerade auf Sandböden am schnellsten sich geltend machenden Folgen eines anhaltenden Wassermangels bei großer Hitze richten sich natürlich nach dem Zeitpunkt des Eintritts der Trockenperiode. Dieselbe ist am gefährlichsten, wenn sie sich schon im Mai, also zur Zeit der Ent-

---

[1]) Vgl. darüber auch Molisch, H. (Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 4. Aufl., S. 193ff.), der unter 1. „durch Hemmung und Steigerung der Transpiration" aufführt, über die letzte Ursache vgl. auch Molisch, H., Untersuchungen über den Laubfall, Sitzb. Kais. Akad. Wiss. Wien 1886, XCIII., S. 148.

wicklung der vegetativen Organe, einstellt, weil dann der Apparat, der das Material für die Fruchtausbildung liefern soll, in seiner Tätigkeit herabgedrückt wird.

Bei Getreide leidet unter unseren Kulturverhältnissen bei den üblichen Bestellungszeiten am meisten die Sommerung. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die im Herbst hergerichteten Wintersaaten die ganze Herbstzeit und den ersten Frühling benutzen können, um ihren Wurzelapparat reichlich auszubilden und eine genügende Bestockung zu erlangen; sie genießen dabei die ungestörte Tätigkeit ihrer unteren Blätter. Mithin tritt die Wintersaat kräftig und wohlvorbereitet der Trockenperiode entgegen, während die Sommersaat selbst dort, wo sie normal aufgehen konnte, in viel jugendlicherer Entwicklung in die heiße, wasserlose Periode hineinkommt. Demgemäß reifen die Blätter vorzeitig ab; ihre Arbeitszeit ist also eine beschränkte, und wenn die Pflanzen ihre Blüten entwickeln und ihre Fruchtknoten wirklich ausbilden, so ist doch verhältnismäßig nur spärlich organische Substanz zum Füllen des Kornes vorhanden. Das Endosperm ist nur mangelhaft mit Stärke gefüllt: die Körner sind schmal und leicht.

Der zweite wirtschaftliche Schaden ist die Kürze des Strohes. Am meisten zeigt sich dies bei dem Sommerhafer, der auf leichten Böden rothalmig und kaum fußhoch wird und statt der vollen Rispen nur wenige Ährchen zur Ausbildung bringt. Geringere Schädigungen weist die Gerste auf; dann folgt Weizen und schließlich der Roggen, der am widerstandsfähigsten ist. Wenn die Trockenperiode schon zur Zeit der Einsaat sich geltend macht, erfolgt ein verspätetes und ungleichmäßiges Aufgehen der Saat, das zu „Zwiewuchs“, d. h. einem ganz unregelmäßigen Ausreifen des Getreides führt. Zur Erntezeit finden sich dann zwischen den ausgereiften viele noch grüne Halme. Letztere stammen von den bei der Saat obenauf liegengebliebenen Körnern, die sich zunächst regungslos verhielten, während die tiefer eingebrachten noch Bodenfeuchtigkeit genug zur baldigen Keimung fanden.

Hierbei kommen manchmal äußerst begrenzte lokale Verhältnisse zur Wirksamkeit. So kann beispielsweise eine Vorfrucht dem Boden schon mehr Wasser entzogen haben als eine andere, oder aber eine Kalidüngung verteilt sich ungleichmäßig und erhält an den Stellen, wo sich Salz angehäuft hat, den Boden feuchter. Auch die ganze Entwicklung der Pflanze wird dadurch geändert. Mit der Konzentration der Nährstofflösung verkürzt sich unter sonst gleichen Verhältnissen der Wurzelapparat, und der Wasserbedarf der Pflanze wird geringer, was bei den durch Trockenheit gefährdeten Böden von großer Bedeutung ist.

Bei dem Zuckerrübenbau und bei allen den Gemüsen, die als Sämlinge in kleinen Räumen angezogen und dann auf das Feld gepflanzt werden, macht sich in erster Linie die Bodentrockenheit durch Erschwerung oder Verhinderung des Anwachsens der Pflänzlinge geltend, da sich bei der Trockenheit keine neuen Würzelchen zu bilden vermögen. Sodann kommt das Vertrocknen des Laubkörpers in Betracht, wodurch die Ausbildung der Rübe zum Stillstand gelangt. Die Erfahrung lehrt, daß, wie bei dem Getreide, gut gedüngte Felder die Trockenheit besser überstehen. Auch die Varietäten scheinen dabei mitzusprechen; es wurde beobachtet, daß bei den Zuckerrüben die Sorten mit flach ausgebreitetem Laube mehr welken als die mit steil aufsteigenden Blattstielen.

Schwere wirtschaftliche Nachteile erzeugt die anhaltende Bodendürre bei den Leguminosen, soweit sie als Futterpflanzen angebaut werden. Klee und Luzerne brennen teilweise aus oder versagen den zweiten Schnitt.

Röte des Getreides[1]).

Die Rotfärbung des Getreides bei anhaltend trockener heißer Sommerzeit hat vielfach die Vermutung hervorgerufen, daß parasitäre Einflüsse dabei im Spiele wären. Klebahn[2]) hat einen speziellen Fall, der durch seine weite Verbreitung und Intensität allgemein auffiel, genauer geprüft und gefunden, daß der rote Farbstoff allmählich an Stelle des Chlorophylls auftritt. Während der alkoholische Auszug normaler Blätter grün erscheint, wird derselbe bei roten Blättern, bei denen das Chlorophyll zerstört wurde, nur schwach gelblich gefärbt. Der rote Farbstoff ist in Wasser und Glyzerin löslich, in Alkohol und Terpentin unlöslich, färbt sich mit Kali und Ammoniak blau und mit Säuren wieder rot. Er ist an den Zellsaft gebunden, und zwar teils in der Epidermis, teils im Assimilationsgewebe. Bei Hafer erwies sich die Entwicklung der geröteten Pflanzen und ihre Körnerproduktion geringer als bei den grünen Halmen. Sorauer hat die Rötung bei Getreide ebenfalls studiert[3]) und kommt in Übereinstimmung mit Klebahn zu dem Schlusse, daß in der Röte nur Erscheinungen des Wassermangels unter großer Lichtintensität zu erblicken sind. In Sorauers Abhandlung finden sich auch anatomische Einzelheiten über das Verscheinen und das Auftreten sogenannter ,,Trockenflecke". Bemerkenswert ist eine bis zum Braungelb sich steigernde Gelbfärbung der Wandungen der Baststränge und das Erstarren des Zellinhalts in einzelnen Gruppen des Assimilationsgewebes.

Von den durch normale Senilität absterbenden Blättern unterscheidet sich das durch plötzliche Hitze und Trockenperioden zugrunde gehende Organ dadurch, daß es nicht oder doch nur stellenweise so stark zusammenschrumpfen kann wie das normal absterbende, also an festen Inhaltstoffen nahezu erschöpfte Blatt. Bei letzterem befinden sich zwischen der Epidermis der Ober- und Unterseite nur die gänzlich verarmten und daher zu einer wellig-faltigen Schicht zusammenfallenden Zellen des Blattfleisches, während bei ersteren eben der restierende reichlichere Inhalt durch sein Austrocknen die Wandungen steift und dadurch das Zusammensinken mehr oder weniger verhindert.

Sorauer fand dieselben Verfärbungserscheinungen auch bei wilden Gräsern (*Arrhenatherum*) und warnte vor Täuschungen bei der anatomischen Untersuchung. Es traten nämlich eckige oder kugelige Inhaltsmassen auf, die ähnlich wie Stärke mit Jod reagierten und somit den Schein von noch vorhandener größerer Assimilationstätigkeit erwecken

---

1) Über eine eigenartige ,,gulspetssjukan" (Gelbspitzkrankheit) bei Getreidearten berichtet E. Henning (Medd. Nr. 179 Centralanst. f. försöksv. på jordbruksomr. Bot. avd. Nr. 15 Stockh. [1918] mit 16 Abb. u. 1 Taf. vgl. O. Kirchner, Zeitschr. f. Pflzkrkh. XXX [1920], S. 102). — Die Krankheit an Hafer und Gerste soll weder durch Nahrungsmangel noch durch Spätfrost oder Dürre verursacht sein, sondern durch ungünstige Bodenbeschaffenheit, da Lehmzufuhr der Krankheit vorbeugte.

2) Klebahn, H., Einige Wirkungen der Dürre des Frühjahrs 1893. Zeitschr. f. Pflanzen krankh. IV. 1894, S. 262.

3) Sorauer, P., Beitrag zur anatomischen Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. Landw. Jahrb. 1904 S. 596, Taf. XV—XVIII.

können. Die übrigen Reaktionen weisen indes nach, daß es sich um „Restkörper“ von der Chlorophyllzersetzung handelt, welche in die Carotingruppe gehören. Man könnte sie mit dem Leichenfett vergleichen.

Die „Röte“ des Hopfens.

Die von den praktischen Züchtern auch als „Sommerbrand“, „Fuchs“ oder „Rote Lohe“ bezeichnete Krankheit besteht in einem von der Basis her fortschreitenden Fleckigwerden der Blätter. Die Flecke erfassen sowohl die Randpartien als auch die zwischen den einzelnen Nerven liegenden Gewebegruppen. Durch teilweise Zerstörung des Chlorophylls erscheinen die erkrankten Stellen anfangs gelblich, später rötlich und endlich trocken und gebräunt. Das Blatt fängt mittlerweile an, immer länger im Zustande des Welkens zu verbleiben; schließlich schrumpft es und fällt auch wohl ab, während die oberen jüngeren Teile des Stengels noch freudig grünen und sich weiter entwickeln. Nur die Größenverhältnisse der während dieser Zeit entstandenen Neubildungen sind geringer gegenüber denjenigen an anderen Pflanzen, welche den Verlust der unteren Blätter nicht zu beklagen haben. Bleibt die Krankheit auf die unteren Partien beschränkt, so ist der Schaden nicht bedeutend, erfaßt sie dagegen auch die oberen Teile mit den Blütenständen, so wird das Ernteprodukt sehr leicht, und es empfiehlt sich dann, alsbald zu ernten.

Die Krankheit ist leicht mit dem durch die Webermilbe verursachten „Kupferbrande“ zu verwechseln, unterscheidet sich aber habituell dadurch, daß Kupferbrand die Blätter an den oberen Teilen der Stengel rötlichgelb färbt und durch feine Gespinstfäden auf der Blattunterseite erkannt wird, während der Sommerbrand von der Basis der Stengel her ein Vergilben und Vertrocknen der Blätter veranlaßt. Es ist ein Aussaugen der älteren Organe durch die jüngeren, die zu ihrer Fortentwicklung das vorhandene organische Material beanspruchen.

Das sogenannte „Stangenrot“ scheint dem „Verscheinen“ des Getreides (vgl. dasselbe S. 253) zu entsprechen und die Folge plötzlichen Eintritts einer Trockenperiode zur Zeit der Ausbildung der Blütenstände zu sein.

Bei dieser und den verwandten Rötungskrankheiten spielt auch der Wassermangel in der Luft naturgemäß eine große Rolle; eine Bodenbewässerung allein schafft selten Abhilfe. Besser ist, wenn an heißen Tagen ein fortgesetztes abendliches Bespritzen stattfinden kann. Aber bei großen Flächen ist schwerlich im praktischen Betriebe das nötige Arbeiterpersonal und die große Wassermasse zur Verfügung. Am günstigsten sind die Vorbeugungsmaßregeln, indem man entweder durch mäßige Schattenanlagen für die Hopfenplantagen die exzessive Verdunstung herabdrückt oder durch Zufuhr von Düngesalzen (nicht tierischem Dung) die Wasserkapazität des Bodens erhöht. Ein Beispiel für letzteren Fall führt Fr. Wagner[1]) an. Er fand bei seinen Kulturen, daß die Hopfenpflanzen ohne Salpetergaben der Trockenheit sowie pflanzlichen und tierischen Parasiten weniger gut widerstanden und die unteren Blätter früher vergilbt zeigten als bei den mit Chilisalpeter gedüngten.

Ähnliche Verfärbungen infolge von Wassermangel sind bei Lein beobachtet worden; sie werden teils als „Röte“ (le rouge), teils, und zwar bei vorzeitigem Vergilben der Stengelspitzen, als „Gelbsucht“ (le jaune) beschrieben.

---

[1]) Wagner, Fr., Salpeterdüngungsversuche des Deutschen Hopfenbau-Vereins. Wochenbl. d. Landw. Ver. in Bayern 1904, S. 182.

Das Verscheinen bei Getreide und an deren Kulturpflanzen.

Bei dieser Wachstumsstörung unterbleibt die Ausbildung der Samenkörner dadurch, daß die Pflanze nicht genügend Wasserzufuhr erhält. Ein solches hochgradiges Durststadium wird natürlich auf den Böden mit sehr lockerem Gefüge, bei denen die Verdunstung sehr groß und die kapillare Leitung des Wassers aus dem Untergrunde gering ist, am häufigsten zutage treten.

Doch nicht jeder intensive Wassermangel wird ein Verscheinen der Blüten hervorrufen. Es kommt hierbei wesentlich, wie Hellriegels Versuche bei dem Getreide zeigen, auf das Entwicklungsstadium an, in welchem die Pflanze sich gerade zur Zeit des Eintritts der Wassernot befindet. Wenn, wie in den Versuchen[1]) ausgeführt wurde, eine Getreidepflanze von erster Jugend an nur ein geringes Wasserquantum zur Verfügung hat, so bildet sie alle ihre Organe in derselben, vielleicht sogar in noch etwas längerer Zeit aus, wie die mit reicher Bewässerung versehene Pflanze; jedoch ist die ganze Produktion schwach. Das Verhältnis der geernteten Körner zur Gesamttrockensubstanz ist aber immer das normale, d. h. die Hälfte Trockensubstanz ungefähr wird in Form von Körnern geerntet. Wie bei allen Vegetationsbedingungen, ist auch hier eine unterste Grenze; hält sich die Wasserzufuhr unter derselben, findet überhaupt keine nennenswerte Produktion statt.

Tritt ein bedeutender Wassermangel gleich nach den ersten Keimungsstadien ein, so bleiben die Körner lange (im Versuch bis sechs Wochen lang) lebendig und entwickeln sich nach dieser Zeit kräftig, sobald reichliche Wasserzufuhr sich wieder einstellt. Noch weniger schädlich erscheint eine Durstperiode, wenn die Körner milchreif sind, also ihre normale Größe erreicht, aber ihren inneren Ausbau noch nicht beendet haben. Die Arbeit der Pflanze, welche zu dieser Zeit überhaupt keine neue Trockensubstanz mehr bildet, besteht in der Umwandlung und der Fortführung der im Blatt erzeugten Substanz nach den Reservestoffbehältern, den Samen, hin.

In allen zwischen der Saat und Reifeperiode liegenden Entwicklungsphasen wirkt längerer Wassermangel schädlich, und die Folgen sind um so tiefer eingreifend, je jugendlicher noch die Pflanze bei Eintritt der Durstperiode ist. Wenn in der Zeit des kräftigsten Schossens eine längere Trockenperiode eintritt, so kann die Pflanze diesen Schaden nicht mehr ausgleichen. Die Folgen anhaltender Trockenheit sind um so empfindlicher, je mehr Wasser die Pflanze in der Jugend gehabt hat. Wenn sich eine Pflanze bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit bis zum Blütenansatz üppig entwickelt hat, und es folgt jetzt eine größere Durstperiode, dann geht die Körneranlage zugrunde; es kann ein mehr oder weniger umfangreiches Fehlschlagen der Körnerernte eintreten, was wir dann als „Verscheinen" des Getreides bezeichnen. Der bekannteste Fall von Verscheinen des Getreides im großen Maßstabe ist wohl durch Fritz Reuter in die Literatur gebracht worden. In seiner Stromtid (III, Kap. 33) macht Onkel Bräsig im Frühjahr 1846 die Bemerkung, daß am 1. Mai sich eine Krähe im Getreide (Roggen) verstecken können müsse: „Über Jahr versticht sich en gadlicher Kuhnhahn (Truthahn) drin." Die Anfangsentwicklung des Getreides, die dort ausführlich geschildert wird, war in diesem

[1]) Hellriegel, Beiträge zu den naturwissenschaftl. Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg 1883, S. 598—620.

Jahre durch Wärme und Feuchtigkeit ganz außerordentlich gefördert, so daß es bis 1. Mai die Höhe eines Truthahnes erreicht hatte. Die Folge war, daß es in der Sommertrockenheit nicht imstande war, das üppige Wachstum fortzusetzen, und nun ein allgemeines Verscheinen des Getreides eintrat, welches wieder zu der bekannten Hungersnot des Jahres 1847/48 erheblich beitrug, die ihrerseits ihren Anteil an der Revolutionsstimmung hatte. Ein recht interessantes Beispiel hat Ritzema Bos[1]) bezüglich der „Maartegerst“ veröffentlicht. Maartegerst ist Gerste, die im März gesät wird. Dieselbe war auf Ackerflächen gebracht worden, bei denen die Wintergerste der Herbstsaat ausgefroren war. Nur eine Anzahl der im Herbst gesäten Pflanzen war durch den Winter gekommen und ging gut bestockt in den Sommer, so daß dasselbe Feld Wintergerste und Märzgerste hatte. Letztere litt nun im heißen Sommer durch Verscheinen, während die dazwischen stehenden Pflanzen der Herbstsaat vollkommene Körnerernten brachten. Außer dem Getreide leiden bei uns am häufigsten noch die Erbsen. Selbstverständlich kann auch bei anderen Pflanzen ein Fehlschlagen der Samenernte durch Verscheinen der Blütenteile stattfinden.

Bezüglich einer Taubblütigkeit durch mangelnde Wasserzufuhr berichtet Oberdieck[2]), daß infolge von Trockenheit großblumige Stiefmütterchen die Blüten taub abfallen lassen, während sie bei genügender Feuchtigkeit Samenkapseln entwickeln; ebenso verhalten sich die gefüllten Zinnien, der rote Lein und manchmal sogar *Phlox Drummondii* und andere Sommerblumen. Auch Gartenbohnen setzen in trockenen Jahren wenig an. Himbeeren und Erdbeeren geben kleine, armsamige Früchte. Bei der Monatserdbeere stellt sich bei fortgesetzter Trockenheit eine Veränderung der Früchte ein. Über das Abfallen der Knospen und jungen Früchte bei Baumwolle infolge von Trockenheit berichtet Mason[3]). In neuester Zeit berichten F. E. Lloyd[4]) und O. F. Cook[5]) über dasselbe. Ersterer, der auch die Trennungsschicht genau beschreibt, nimmt Schwankungen des Bodenwassers als Ursache an, letzterer in erster Linie genetische Dinge: ägyptische Baumwolle wirft weniger als Upland-B.

Durch Trockenheit unterbrochene Keimung.

Der Fall, daß Wassermangel eintritt, nachdem das Samenkorn bereits die ersten Stadien der Keimung durchlaufen, ist seltener bei der Aussaat der trockenen Samen ins freie Land (vgl. indessen S. 250 den „Zwiewuchs“) zu fürchten, als vielmehr dort, wo vor dem Gebrauch ein Einquellen des Saatgutes stattgefunden hat. Die Nachteile einer solchen Störung in der Entwicklung des jungen Individuums sind je nach der Pflanzenart und je nach dem Entwicklungsstadium, in welchem die Unterbrechung

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., IV, 1894, S. 94.

[2]) Oberdieck, Deutschlands beste Obstsorten, S. 9, Anmerkung. Leipzig 1881.

[3]) Mason, T. G., Neue Untersuchungen über die Baumwollstaude auf den Kleinen Antillen, besonders auf St. Vincent. West-Ind. Bull. Bridgetown, XVIII., S. 184—197 mit 2 Taf. (1921).

[4]) Lloyd, F. E., Environmental changes and their effect upon Bollshedding in cotton (Gossypium herbaceum). Ann. New York Acad. sc. XXIX (1921), S. 1—131, mit 26 Abb.

[5]) Cook, O. F., Causes of shedding in cotton. Genetic factors indicated, as well as structural and environmental cause. Journ. of Heredity XII (1921), S. 199—264, mit 4 Abb.

erfolgt, verschieden. Nach Wills[1]) mehrfachen Aussaatversuchen mit Samen von Monokotylen und Dikotylen scheinen die Samen der ersteren im allgemeinen etwas widerstandsfähiger zu sein. Namentlich sind die unbespelzten Zerealien (Weizen und Roggen) gegen eine während der Keimung eintretende Trockenheitsperiode wenig empfindlich; Gerste und Hafer sind dagegen schon leichter zu Schaden zu bringen, und sehr wenig Widerstandskraft gegen eine Unterbrechung der Keimung zeigt der Pferdezahnmais. Schon Saussure[2]) fand, daß der Mais eine Austrocknung während der Keimperiode schlecht verträgt, und daß die Bohnen, der Mohn und die Rapunzel sich ebenso verhalten. Nowoczek[3]), der seine Versuche in der Art ausführte, daß er die Unterbrechung der Wasserzufuhr mehrmals an demselben Samen eintreten ließ, bis dessen Keimkraft ganz erloschen war, fand, daß die Samen der Getreidearten sich gegen die wechselnden Einflüsse von Feuchtigkeit und Trockenheit resistenter verhalten als Raps, Lein, Klee und Erbsen, die ihre Keimkraft früher einbüßten, aber immerhin doch einer Wiedererweckung ihrer Tätigkeit nach Austrocknung noch fähig waren. Bei den Gramineen vorzugsweise zeigte sich, daß nach dem jedesmaligen Austrocknen die bereits gebildeten Würzelchen abstarben und die äußeren Blätter abtrockneten, daß aber bei erneuter Wasserzufuhr sich neue Adventivwurzeln aus dem ersten Knoten (s. S. 149ff.) bildeten und die jüngsten Blätter sich weiter entwickelten. Hauptsächlich gilt dies für Hafer, mehr oder weniger auch für Gerste, Weizen und Mais.

Als allgemein feststehend ist anzusehen, daß eingequollene und nachher vorsichtig getrocknete Samen, die wiederum in Wasser gebracht werden, dasselbe rascher aufnehmen als lufttrockene, nicht aufgequollene Körner derselben Größe. Solche Samen entwickeln sich anfangs wohl auch um einige Tage schneller.

Durch die Versuche von Tautphöus[4]) und von Ehrhardt[5]) wird das von vornherein zu erwartende Resultat experimentell festgestellt, daß die Pflanzen um so mehr leiden, je weiter fortgeschritten bei Eintritt der Trockenperiode der Keimungsprozeß ist, d. h. je mehr entwickelt bereits die Plumula erscheint. Die Erbsensamen fand Will zum Teil ganz besonders empfindlich gegen das Austrocknen. Die Samenschale bekam viele kleine Risse, die sich in den meisten Fällen auf die inneren Schichten fortsetzten. Bei dem wiederholten Einquellen löste sich die Stäbchenschicht in größeren und kleineren Stücken ab, die Samenschale wurde schleimig, und es stellten sich binnen sehr kurzer Zeit Zersetzungserscheinungen an den Kotyledonen ein, welche die Entwicklung der Keimpflänzchen hemmten. Die Entstehung der Risse bei dem Trocknen der gequollenen Samen erklärt sich durch die mehr als 100% betragende (Nobbe, Handbuch, S. 122) Volumenzunahme der Samen, die auf ihre Schale einen Druck ausüben, dieselbe passiv dehnen und lockern.

[1]) Will, Über den Einfluß des Einquellens und Wiederaustrocknens auf die Entwicklungsfähigkeit der Samen sowie über den Gebrauchswert „ausgewachsener" Samen als Saatgut. Landwirtsch. Versuchsstationen XXVIII, Heft 1 u. 2 (1882).

[2]) Annales des sciences nat. Bot. 1827. Janv.

[3]) Über die Widerstandsfähigkeit junger Keimlinge. Wissensch. prakt. Untersuchungen usw. von F. Haberlandt, I, S. 122; vgl. Biedermanns Centralbl. I (1876), S. 344.

[4]) Tautphöus, Freiherr von, Die Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben. München 1876; vgl. Bot. Jahresber. 1876, S. 882.

[5]) Deutsche landw. Presse, VIII, Nr. 76.

Diese Lockerung kann bei dem Trocknen bis zur Brüchigkeit führen. Durch die Risse in der Samenschale erhält erstens das wieder befeuchtete Samenkorn viel mehr atmosphärischen Sauerstoff zu den bereits in Zersetzung begriffenen Reservestoffen und zweitens auch schneller große Wasserquantitäten; es können ferner die gelösten, organischen Stoffe viel leichter osmotisch austreten, was alles zuungunsten der Weiterentwicklung wirksam werden kann. Eine Samenschale, die sich langsam gleichmäßig dehnt und unverletzt bleibt, wird also wahrscheinlich eine vollständigere Ausnutzung der Reservestoffe der Kotyledonen ermöglichen und vielleicht sogar durch den bei der Quellung hervorgerufenen Spannungszustand ein Einpressen von Flüssigkeiten in das Gewebe der Kotyledonen und von gelösten Reservestoffen in den Embryo veranlassen. Auf die bei der Keimung auftretenden Enzyme und ihre Wirkung kann hier nicht näher eingegangen werden. Wir verweisen in dieser Beziehung auf die Arbeiten von Newcombe[1]) und Grüß[2]).

Nach den genannten Versuchsergebnissen kann man mit Sicherheit aussprechen, daß eine Benutzung angequollenen bzw. angekeimten Saatgutes nach Kräften zu vermeiden ist. Erstens können sich in trockenen Lagen am leichtesten die Zustände, wie sie künstlich durch Austrocknen gequollener Samen herbeigeführt wurden, in der Natur von selbst bei anhaltender Hitze und Dürre wiederholen und viel schädlicher wirken, als wenn der Same bei solchem Wetter ungekeimt im Boden liegt. Zweitens werden die Pflanzen aber auch durch die von Anfang an hohe Wasserzufuhr verwöhnt. Das Gewebe wird lockerer, wasserreicher und wasserbedürftiger und vertrocknet viel früher bei Eintritt großer Trockenperioden als bei solchen Pflanzen, die von Anfang an bei spärlicher Wassergabe sich entwickelt haben. Die Verdunstung ist bei ersteren Pflanzen größer als bei letzteren. Deshalb wird in der Praxis vielfach die Regel befolgt, daß man bei schnell sich entwickelnden Gemüsepflanzen (Gurken, Bohnen, Kohlarten) das Begießen nicht aussetzen darf, wenn man in der Jugend der Pflanzen damit sehr freigebig gewesen ist.

Die Behandlung der Samen.

Am meisten fühlbar wird die Unterbrechung der Keimung bei Aussaat derjenigen Pflanzenarten, deren Samen nur kurze Zeit überhaupt ihre Keimkraft behalten. Nobbe[3]) fand, daß die Samen von Weiden schon 5—6 Tage nach dem Abflug ihre Keimkraft verlieren. Sehr kurzlebig erweisen sich auch die Samen von Pappel und Ulme, sowie auch von Magnolien usw. Eicheln bleiben in der Regel nur bis zum nächsten Frühjahr keimfähig, ebenso wie die Bucheckern. Ähnlich verhalten sich Esche, Ahorn und Tanne. Dagegen keimen Fichten- und Kiefernsamen noch nach 3—5 Jahren in ziemlicher Menge, wenn auch die Pflänzchen dann bereits schwächlicher sich entwickeln. Natürlich spielen die Ausbildung des Samens auf seiner Mutterpflanze und die Art der Aufbewahrung eine große Rolle, und Nobbe fand z. B., daß Samen von *Pinus silvestris*, die

---

[1]) Newcombe, F. C., Cellulose-Enzymes. Annals of Botany 1899, Nr. 49; vgl. Bot. Jahresb. 1899, II, S. 179.

[2]) Grüss, J., Beiträge zur Enzymologie. Berlin 1899. Festschr. f. Schwendener, Über Zucker- und Stärkebildung in Gerste und Malz, III u. IV. Wochenschr. f. Brauerei 1897, 1898.

[3]) Döbner-Nobbe, Botanik f. Forstmänner, 4. Aufl., 1882, S. 382.

im Wohnzimmer in verschlossenen Gläsern gestanden hatten, nach fünf Jahren zu ungefähr 30% und nach 7 Jahren noch zu 12% keimten; ja, selbst nach 10—11 Jahren fanden sich einzelne Samen noch entwicklungsfähig. Unter denselben Umständen aufbewahrt zeigte Saatgut von *Trifolium pratense* nach 12 Jahren noch 10%, *Pisum sativum* nach zehn Jahren 47% und *Spergula arvensis* einmal 25% und aus einem anderen Jahrgange sogar 67% keimfähige Körner. Von Zedern und Pinien wird angegeben, daß sie nach 30 Jahren noch gekeimt haben[1]). Indes empfiehlt es sich, feinsamige Koniferen doch bald nach der Reife auszusäen. Praktisch wichtig ist die Frage, ob man im Sommer, Herbst oder Frühjahr die Aussaat vornehmen soll. Der Sommer ist wegen der großen Feuchtigkeitsschwankungen im Boden die gefährlichste Zeit; darum umgeht man bei den Gehölzen, die ein sofortiges Unterbringen der Saat notwendig machen, wie Weiden und Pappeln, die Gefahr, indem man Stecklingsvermehrung anwendet. Die sehr hartschaligen Samen, wie die von *Crataegus, Prunus, Ilex, Sorbus, Rosa, Cornus, Berberis, Ribes, Staphylea* u. a., bleiben namentlich in sandigen Böden, die vorübergehend wieder austrocknen, oft 2—3 Jahre ungekeimt liegen. Am besten ist die Frühjahrssaat, weil das Saatgut dabei allen Fährlichkeiten des Winters und der Tierbeschädigungen entzogen ist. Um die Zeit vom Herbst zum Frühjahr nicht zu verlieren, findet das „Stratifizieren" der Samen, d. h. das schichtenweise Einlegen der Körner in feucht erhaltenen Sand, seine Anwendung.

Bei dem lebhaft entwickelten Bezuge von Sämereien geschätzter Ziergehölze aus dem Vaterlande ist es wichtig, die Erfahrungen zu kennen, welche betreffs des Verlustes der Keimfähigkeit während des Transportes gemacht worden sind. Graf v. Schwerin[1]) hat in der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft darauf aufmerksam gemacht, daß Ahornarten einen längeren Transport nicht vertragen, so daß z. B. seit Jahren die aus dem Himalaja bezogenen Ahornsamen keine einzige Keimpflanze ergeben hatten. Bei manchen Ahornarten, so bei *Acer platanoides* und *A. pseudoplatanus* beginnt die Keimung im Herbst öfter schon vor dem Abfallen der Früchte vom Baum; die Kotyledonen sind grün, haben sich gelockert, und auch das Würzelchen ist weit entwickelt und beginnt abzustehen, so daß die Frucht oft geöffnet wird.

Indes darf man nicht zu früh die Saatbeete umbrechen, da manche Samen sehr lange gesund in der Erde liegen bleiben; so liegt beispielsweise *Chamaecyparis Lawsoniana* manchmal 4 Jahre, namentlich in trockenen Jahren. Bei dem Bezuge von *Magnolia hypoleuca* aus Japan wurde jahrelang entweder überhaupt keine Pflanze erzielt oder doch so wenige, daß die Transportkosten nicht gedeckt wurden. Die Samen vertrockneten unterwegs. Seitdem aber diese Samen in ihrem natürlichen Fruchtfleisch belassen und so in Holzkohlenpulver gepackt ankommen, liegen sehr ermutigende Resultate vor. Vgl. auch das S. 146 Gesagte über die Abhängigkeit älterer und weitgereister Samen von der Bodenluft und den Bodenbakterien.

Wenn vorhin gesagt worden ist, daß die *Acer*-Arten nur bis zum nächsten Frühjahr keimfähig bleiben, so ist noch zu ergänzen, daß die Ahornarten aus der Campestre-Gruppe (*Acer obtusatum, Italum* u. a.) in der Regel erst im zweiten Jahre keimen. Nur vereinzelt findet man schon

[1]) Über das Keimen von Gehölzsamen. Der Handelsgärtner 1905, Nr. 14.

Keimlinge im ersten Jahre. In manchen botanischen Gärten sollen aber die Bäume der Campestre-Reihe regelmäßig meist frühkeimende Samen liefern, und man erklärt dies daraus, daß dort bei der Aussaat die zuerst aufgegangenen Pflänzchen zur Aufzucht benutzt worden sind. Daraus ergibt sich der Schluß, daß man die Eigenschaft, schnell keimende Samen zu produzieren, durch Selektion beständig machen kann. Dieser Punkt, bei großen Aussaaten die am frühesten hervortretenden Keimlinge gesondert zu Samenträgern heranzuziehen, dürfte der Aufmerksamkeit der Züchter zu empfehlen sein.

Nach den Angaben der praktischen Gärtner sollen die am schnellsten gekeimten Levkojen die meisten gefüllten Pflanzen bringen, die schwächlichsten Blumenkohlkeimlinge am frühesten die besten Köpfe, letzteres wurde durch eigene Beobachtung 1923 bestätigt.

Dörren und Anwelken des Saatgutes.

Einen für die Praxis beachtenswerten Versuch über den Einfluß des Wassermangels auf die Entwicklung der Keimlinge veröffentlichte Wollny[1]) der zur Prüfung früherer Beobachtungen, nach welchen Samen von Kürbis, Gurken, Melonen und Lein durch Dörren (30—50° C) produktivere Pflanzen ergaben, die Versuche mit Buchweizen, Hülsenfrüchten und Getreide wiederholte. Die Samen wurden 21 und zum Teil 44 Tage bei einer Temperatur von 32—35° C gehalten. Bei der ersten Entwicklung zeigte sich, daß gedörrte Samen meist ein geringeres Keimprozent aufwiesen, daß das Wachstum verlangsamt und unregelmäßiger, die Körnerernte aber in den meisten Fällen höher war. Wenn man Vorteile von dem Dörren der Samen erhalten will, hat man aber wohl die Temperaturhöhe zu berücksichtigen; es ist nicht gleichgültig, ob das Wasser aus den Samen durch kürzere Einwirkung einer höheren oder durch längere Dauer einer minder hohen Temperatur entfernt wird. Van Tieghem und Bonnier[2]) trockneten eine Partie Getreidesamen bei 100° C und die andere Hälfte bei 35° C, bis die Körner keinen Gewichtsverlust zeigten. Von der ersteren Menge keimten keine Körner; von der zweiten, bei geringerer Temperatur gedörrten zeigten Roggen 100%, Hafer 99%, Gerste 83% und Mais 20% Keimlinge. Eine sehr kurze Einwirkung von 100° C hatte die Körner lebendig gelassen. Übrigens ist daran zu erinnern, daß die Praxis das Dörren durch die Verwendung mehrjähriger Samen seit langer Zeit zu ersetzen pflegt. Die häufigste Anwendung findet bei den Samen der Cucurbitaceen statt. Von Salat, Spinat und Rettig nimmt man an, daß Pflanzen aus altem Saatgut nicht so leicht in Samen schießen.

Eine andere, verwandte Erscheinung ist das künstliche Anwelken der Saatkartoffeln. Kraus fand[3]) eine Zunahme der Stengelzahl, aber Verminderung der Wachstumsenergie derselben. Die Zahl der Knollen bei Kartoffel- und Topinamburstöcken steigt gegenüber denjenigen Pflanzen, welche von gleich schwerem, frischem Saatgut stammen. Kleine, gewelkte Knollen erreichen in feuchten Jahren beinahe die Produktion

---

[1]) Wollny, Das Dörren der Samen. Aus Österreich. landwirtschaftlichem Wochenblatt vgl. Biedermanns Centralblatt f. Agrikultur-Chemie 1880, S. 36; s. auch Wilhelm im Österreich. landw. Wochenbl. 1883, Nr. 43.

[2]) Der Naturforscher 1883, Nr. 16.

[3]) Kraus, Untersuchungen über die künstliche Beeinflussung des Wachstums von Kartoffel- und Topinamburstöcken usw. Forschungen a. d. Agrikulturphysik 1880, Heft 3.

des großen frischen Saatgutes. In trockenen Jahren ist aber das Anwelken nicht nützlich, da die Entwicklung der angewelkten Knollen durch den dazu kommenden Wassermangel zu sehr zurückbleibt. Kleine Knollen zeigen sich dann noch ungünstiger wie große. Kraus erklärt den Einfluß des Anwelkens durch eine im Wassermangel begründete Verlangsamung der Entwicklung der Gipfelaugen. Durch das Zurückhalten der Gipfeltriebe tritt aber eine Stärkung der Seitenaugen ein, die sich sonst bei dem Überwiegen der ersteren gar nicht entwickeln. Dem sonst nicht stattfindenden Ansatz von Knollen an den gekräftigten Seitentrieben der Mutterknolle ist die Erhöhung des Ertrages zuzuschreiben.

Wollnys Versuche[1]) bestätigen die von Kraus erlangten Resultate und erweitern dieselben durch die Beobachtung, daß bei der Ernte aus angewelkten Knollen eine absolut größere, relativ zur ganzen gesteigerten Ernte aber kleinere Anzahl von großen Knollen sich zeigt.

Nützlich dürfte sich auch das Anwelken von Edelreisern bei der Veredlung erweisen. Man sieht, daß (abgesehen von der Okulation) frisch geschnittene Edelreiser nur selten gut anwachsen. Bei Versuchen fand Sorauer, daß die Basalinternodien von den frischen Edelzweigen besser anwachsen, und erklärt die Sache dadurch, daß dieselben von einer langsameren Entwicklung sind als die mit kräftigen, leicht erregbaren Augen versehenen Spitzenteile der Zweige, welche leicht vertrocknen, bevor noch der Wildling eine Kittschicht gebildet hat, welche imstande ist, eine Zuleitung des Wassers zu übernehmen. Es ist bei allen Veredlungen Hauptsache, das Edelreis so lange frisch, aber ruhig zu erhalten, bis sich von seiten des tätigeren Wildlings eine Verbindungszone hergestellt hat.

Später hat C. Kraus auch die Erfolge bei dem Dörren der Speisezwiebeln studiert und gefunden, daß durch diese Behandlung eine anfängliche Verzögerung, aber später eine vorteilhafte Steigerung des Blattwachstums und gänzliche Unterdrückung des Blütenschaftes erreicht wird[2]).

Das Verholzen von Wurzeln und anderen fleischigen Pflanzenteilen.

Das Verholzen der Wurzelgemüse besteht darin, daß die Zellelemente der Gefäßbündel, welche durch die Kultur parenchymatisch geworden waren, zur prosenchymatischen, holzigen Beschaffenheit der Stammform zurückkehren. Die Mohrrübe z. B., die uns zur Speise dient, hat eine Mutterpflanze, deren Wurzel aus einem starken, harten Holzkörper und einer dünnen, weichen Rinde besteht. Die Zellen des Holzkörpers sind wie alle übrigen Holzzellen dickwandig, spindelförmig, ineinander gekeilt. In der kultivierten Wurzel sind statt dieser Holzzellen dünnwandige, wenig langgestreckte, fast stumpf aufeinandergesetzte Zellen vorhanden, und die Gefäße selbst, die jetzt in zerstreuten Gruppen zwischen den parenchymatischen Zellen liegen, sind wenig verholzt. Die Milchsaftgefäße, welche sich in der Rinde bilden, wenn die schraubigen, porösen Gefäße im Holzkörper entstehen, sind, ebenso wie sämtliche Zellelemente der Rinde, weiter geworden. An Stelle der Stärke, die in der wilden Mohrrübe das

[1]) Wollny, Über die künstliche Beeinflussung der inneren Wachstumsursachen. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, VI, S. 97ff.

[2]) Kraus, C., Über die künstliche Beeinflussung des Wachstums der Küchenzwiebel durch „Ausdörren" der Saatzwiebeln. Aus Forsch. a. d. Geb. d. Agrikulturphysik, IV, vgl. Jahresber. f. Agrikultur-Chemie 1880, S. 186.

ganze Rindengewebe anfüllt, auch im Holzkörper hier und da auftritt und bis auf 70% des Trockengewichtes steigt, ist in den guten Speiserüben der Zucker getreten, so daß dort nur Spuren von Stärke zu finden sind. Je feiner die Sorte, um so mehr schwindet der Stärkegehalt, wie bei der holländischen, blaßgelben und der Duwicker Karotte. Von diesen finden sich allmählich Übergänge nach der wilden Pflanze hin in anderen Kulturvarietäten, die als Futter benutzt werden, wie die Altringham-Möhre und die weiße Pferdemöhre. Von allen Sorten zeigen sich auf magerem Boden Exemplare, die sich durch eine dünne, oft geteilte, durch ihre Verholzung sehr deutlich an die wilde Mohrrübe erinnernde Wurzel auszeichnen. Ebenso verhält es sich mit Wruken, Steckrüben, Rettichen, Kohlrabi usw.

Am besten werden die Unterschiede durch einen Vergleich der anatomischen Bilder klar. In Abb. 56 sehen wir den Längsschnitt durch eine zweijährige wilde Mohrrübe. *a* ist das vertikal gestreckte Parenchym des markartigen Zentralteils mit zerstreut stehenden spiralig-porösen Gefäßen; *b* der Holzkörper aus spindelförmigen Holzzellen nebst Gefäßen und einem Teil der nach der sekundären Rinde hin verlaufenden Markstrahlen; *c* das zum langgestreckten, dünnwandigen Parenchym gewordene Cambium; *d* sekundäre Rinde mit ihren dem Verlauf der Milchsaftgefäße folgenden Resorptionsstellen; *e* primäre Rinde; *f* Kork.

Abb. 57 ist die entsprechende Partie aus einer zweijährigen kultivierten Mohrrübe. Die Buchstaben bedeuten in beiden Abbildungen dieselben Teile, und bei Vergleich der gleichbezeichneten Gewebe tritt die Veränderung des Holzkörpers *b* und die Zunahme in den Dimensionen der sekundären Rinde bei der kultivierten Möhre klar vor Augen.

Bei allen Wurzelgemüsen tritt das Verholzen auch normal auf, wenn sie zu alt werden, und dann ist dieser Prozeß, wie in den vorzeitig verholzenden Exemplaren, von einem teilweisen Verschwinden des Zuckers begleitet.

Bekannt ist die Erfahrung, daß manche unserer Gemüsepflanzen in den heißen Klimaten alsbald verholzen. Gegen letzteren Umstand wird schwerlich Abhilfe zu schaffen sein, da der tropische Wärme- und Lichtüberschuß die schnelle Verholzung ermöglichen. Bei den Kulturen in den gemäßigten Klimaten kann das Verholzen durch reichliche Bewässerung und Düngung bestimmt vermieden werden; nur ist dabei zu beachten, daß das Land tiefgründig und der Same gut ist. Auf die Auswahl des Saatgutes ist besondere Aufmerksamkeit zu verwenden, weil Same aus trockenen Lokalitäten eine größere Neigung zur Verholzung und zur Vielschwänzigkeit der Wurzeln mitbringt.

Streng genommen sind die weich fleischigen, im wesentlichen aus parenchymatischem Gewebe gebildeten Gemüseformen durch Überfütterung (vgl. Wasser- und Nährstoffüberschuß) entstandene anomale Gebilde, bei denen die Wasser- bzw. die Nährstoffmenge, die für die wilden Formen völlig ausreichend ist, für die Zwecke der Menschen bereits die Erscheinungen des Wassermangels hervorruft, d. h. die Ausbildung der mechanischen Elemente bewirkt. Letztere kommen deshalb bei unseren fleischigen Kulturformen sehr leicht und schnell zur Ausbildung, sobald auch nur zeitweilig Wassermangel eintritt. Bei üppig wachsenden Pflanzen-, bei Stengel- und Wurzelteilen genügt mitunter nur eine eine Anzahl von Stunden dauernde Durstperiode, die nicht zum schnellen Welken führt,

die mechanischen Elemente wenigstens bis zu einem gewissen Grade zur Ausbildung zu bringen. Die Verdickungsleisten werden angelegt, die Verholzung beginnt.

Nun ist bekannt, daß mechanisch verstärkte Zellen im allgemeinen sofort die Fähigkeit verlieren, zu wachsen oder doch sich zu teilen, höchstens

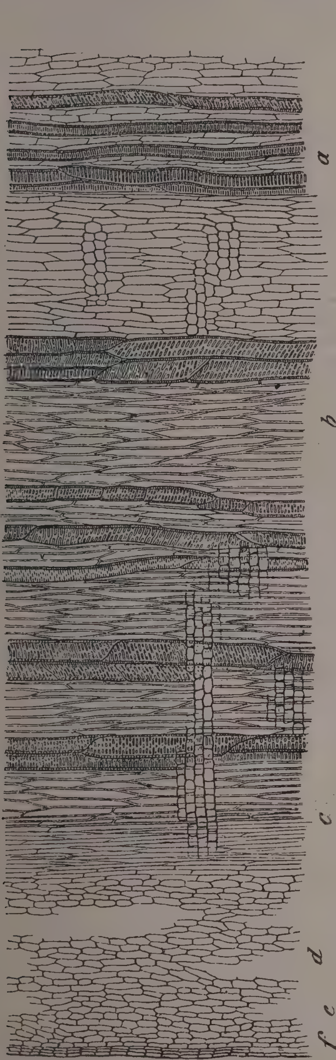


Abb. 56. Längsschnitt durch eine zweijährige wilde Mohrrübe. (Orig. Sorauer.)

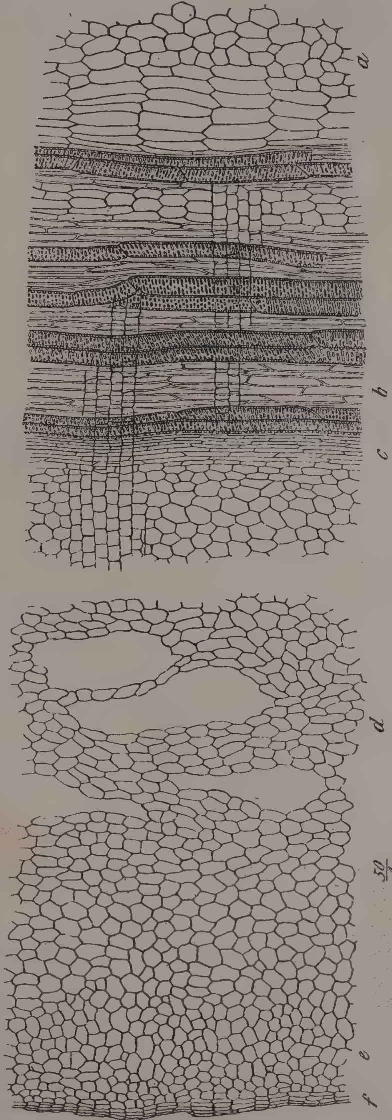


Abb. 57. Längsschnitt durch eine zweijährige kultivierte Mohrrübe. (Orig. Sorauer.)

eine Streckung von Ring- und Spiralgefäßen usw. ist in gewissem Rahmen noch möglich. Es werden nun bei Eintritt einer Durstperiode zunächst diejenigen mechanischen Elemente sich auszubilden beginnen, die bei den wilden Formen am kräftigsten entwickelt sind bzw. den wirksamsten Schutz gegen den Wasserverlust bieten; bei Pflanzen mit derbem Holzkörper wird es dieser, bei solchen mit zäher Rinde wird es im allgemeinen

die letztere sein, deren mechanische Zellen die Wachstumsfähigkeit zuerst verlieren.

Dauert die Durst- bzw. Trockenperiode nun nicht so lange, daß der ganze mechanische Körper sich hat ausbilden können, sondern daß bisher nur verhältnismäßig schwächliche mechanische Elemente zustande kamen, und kommt dann wieder durch Regen oder Wiederbewässerung neue Wasserzufuhr, so wird die große Masse der den fleischigen Pflanzenkörper zusammensetzenden parenchymatischen bzw. meristematischen Zellen, die ihre Wachstums- bzw. Teilungsfähigkeit noch nicht verloren hat, sofort ihr Wachstum wieder beginnen. Es entsteht natürlich dadurch eine Spannung im Gewebe, und wenn eben die mechanischen Zellen dem Wachstum nicht zu folgen vermögen und der Spannung noch nicht den genügenden Widerstand entgegensetzen können, so werden sie zerrissen. Dies Zerreißen der in überwiegendes Parenchym eingebetteten oder ihm anliegenden mechanischen Elemente spielt bei den in den folgenden Abschnitten besprochenen Erscheinungen die Hauptrolle.

Das Aufreißen fleischiger Pflanzenteile.

Das plötzliche Auftreten erneuter, starker Wasserzufuhr nach längerer Trockenheit bedingt oft das Aufreißen oder Aufspringen fleischiger Wurzeln, Stengel und Früchte. Am bekanntesten ist das Aufspringen an Kohlrabi, Mohrrüben- und Petersilienwurzeln. Hier kann das äußere Gewebe dem schnellen Ausdehnungsbestreben des inneren Parenchyms nicht folgen. Die Wunden schließen sich alsbald durch Korkbildung. Experimentell wies Hallier[1]) diesen Vorgang an Petersilienwurzeln nach, indem er solche einfach in Brunnenwasser hing und am dritten Tage darauf den ganzen in Wasser befindlichen Teil aufgesprungen fand. Boussingault[2]) beobachtete das Aufreißen von Kirschen, Mirabellen, Birnen, Wein und Blaubeeren nach Einhängen der Früchte in Wasser; durch Einbetten derselben in nassen Sand erzielte man die gleichen Erfolge. Von krautartigen Stengeln platzen gern die des Rapses oft kurz vor der Blütezeit. Abb. 58 gibt die Veränderung eines Pflaumensämlings wieder, welchen Sorauer zu tief in nassem Sande kultiviert hatte. Im Juli 1882 sah er in Proskau aufgerissene Wurzeln von *Beta vulgaris*. Es folgte damals ein sehr regenreicher Juli auf ein trockenes Frühjahr nach geringer Winterfeuchtigkeit. Die Erscheinung war zuerst auf den leichten Bodenstellen und an den bestentwickelten Pflanzen bemerkbar. Ähnliche Fälle sah Sorauer bei Rosen- und bei Bohnensämlingen, die aus dem Sande in Nährstofflösung gebracht worden waren und tiefer in diese eintauchten, als sie früher im Sande gestanden hatten. Die Stammbasis barst bei denjenigen Exemplaren, welche vorher an diesem Teile der Luft ausgesetzt gewesen. Bei dem Aussauern der Saaten auf Feldern, die mit Pferdebohnen, Erbsen, Wicken u. dgl. bestellt sind, ist oberhalb der Stellen, wo die (fauligen) Wurzeln entspringen, bisweilen die Stengelbasis aufgerissen, und man sieht aus der Rißstelle ein schwammartig lockeres Gewebe hervorbrechen, wie bei der hier abgebildeten Pflaume.

Alle diese Erscheinungen haben das gemeinsame Merkmal, daß sie nur dann eintreten, wenn nach einer größeren Periode normaler Entwick-

---

[1]) Hallier, Phytopathologie, S. 87.

[2]) Boussingault, Ann. de chim. et phys. 4 sér. XXIX (1873), S. 360. Vgl. Bot. Jahresb. 1873, S. 253.

lung oder mehr noch nach vorhergegangener Trockenperiode plötzlich eine stärkere Wasserzufuhr sich geltend macht. Wenn die Pflanzen vom Beginn ihrer Entwicklung mit viel Wasser in Berührung sind, passen sie sich diesem Medium an. Derartige Anpassungserscheinungen kann man namentlich bei solchen Arten beobachten, die sowohl im Wasser als auch auf trockenem Lande sich entwickeln können. Als Beispiel dienen die Untersuchungen von Levakoffski an *Epilobium hirsutum*, *Lycopus Europaeus* und *Lythrum*. Der Vergleich von Wasser- und Landexemplaren[1]) lehrt, daß bei den Wasserpflanzen zwischen Kambium und Rindenparenchym zwei Reihen farbloser, chlorophylloser Zellen, die drei- bis viermal länger als breit sind, existieren, welche bei den Landexemplaren fehlen. Dieser Unterschied schärft sich um so mehr zu, je ältere Pflanzenteile man miteinander vergleicht. Unterhalb des Wasserspiegels werden diese Zellreihen zu einem dicken, lakunösen Gewebe. Epidermis und Rinde gehen hier bald zugrunde. Die Zellen, welche dieses besondere Gewebe darstellen, bilden sich aus dem Kambium.

Der plötzliche Eintritt von Wasserüberschuß gegenüber der vorangegangenen Periode, wie er das Aufspringen der Pflanzenteile veranlaßt, stört das Gleichgewicht in der Ausdehnung der Epidermis bzw. der statt dieser bereits vorhandenen Korklage und des fleischigen Parenchymkörpers. Namentlich aber nach vorausgegangener Trockenperiode sind die



Abb. 58. Pflaumenpflanze, die durch Wasserüberschuß an der Basis aufgeplatzt ist. Rißstelle vernarbt.

[1]) Vgl. auch Graebner in Engl. Jahrb. XX, S. 636ff., Taf. IX, X (1895). — *Juncus supinus, J. squarrosus, Montia minor* usw.

Elemente der Oberhaut derbwandiger und weniger streckungsfähig geworden und vermögen dem schwellenden Innengewebe nicht schnell genug zu folgen.

Sorauer hat früher den Vorgang des Aufspringens bald unter die Krankheiten gruppiert, welche durch Wasserüberschuß erzeugt werden, bald unter die durch Wassermangel; wir haben es jetzt vorgezogen, sie bei den durch Trockenheit verursachten Störungen zu lassen, weil der Prozeß des Aufplatzens sich in der Regel aus einer Wirkung des Wassermangels und einer folgenden des relativen Wasserüberschusses zusammensetzt; die Erfahrung zeigt, daß die Erscheinung des Aufplatzens äußerst selten auftritt, wenn keine Trockenperiode vorangegangen ist. Es ist also für die im praktischen Betriebe sich zeigenden Fälle die Trockenheit das Hauptsächlichste. Durch sie wird die Spannungsdifferenz zwischen den äußeren nicht mehr genügend dehnbaren Zellschichten der Früchte oder Knollen und deren leicht schwellendem Innenfleische eingeleitet. Es kann derselbe Wassergehalt der Frucht bisweilen bei normalen und aufgesprungenen Exemplaren konstatiert werden; aber es ist anzunehmen, daß bei den aufgesprungenen Früchten mit hohem Wassergehalt dieser letztere erst bei und nach dem Aufspringen sich eingestellt hat. Die extreme Trockenheit des Bodens oder auch nur der Luft läßt bei greller Beleuchtung die Epidermiszellen schnell dickwandig und untauglich zu fernerer Dehnung werden, also reißt die zunehmende Turgeszenz des Innenfleisches, namentlich nach einem Regen, den schnürenden, meist aus einer Epidermis mit Kollenchym oder Korkgewebe gebildeten, peripherischen Mantel entzwei.

Findet das Aufreißen bei saftigen Organen ohne vorhergegangene Trockenperiode durch langandauernde Wasserzufuhr bei feuchter Umgebung statt, dann sind die Rißstellen in der Regel dadurch von den Rissen durch Trockenheit verschieden, daß bei letzteren die Wundfläche verkorkt oder durch neu sich bildende Korkzellen abgeschlossen wird. Bei dem Aufplatzen durch Wasserüberschuß bei feuchter Luft sieht man dagegen die durch den Riß bloßgelegten Parenchymzellen dünnwandig bleiben, bisweilen sich schlauchförmig strecken und leicht in Fäulnis übergehen. Man erzielt außer durch Aufhängen der Pflanzenteile im Wasser solche Rißstellen durch Wasserüberschuß sehr demonstrativ, wenn man Früchte für einige Zeit in nassen Sand eingräbt. Boussingault, der, wie bemerkt, das Aufreißen durch Aufhängen der Früchte in Wasser bei Kirschen, Mirabellen, Birnen, Wein und Blaubeeren beobachtet hat, fand, daß die Früchte Zucker an das Wasser abgaben. Diese Abgabe nebst der vermehrten Aufnahme von Wasser mag den wässerigen Geschmack der Früchte nach langem Regenwetter erklären. Einige untergetauchte Blüten gaben ebenfalls Zucker ab; dagegen konnte bei Zuckerrüben, Rübsen und den Keimwurzeln von Weizen, Gerste und Mais keine Abgabe von Zucker bemerkt werden, obgleich die Gewebe zuckerreich waren.

Bei der Gemüsekultur ist das Aufreißen der Oberrüben oder Kohlrabi eine in trockenen Jahren sehr häufige Erscheinung. Je jünger die Pflanze zur Zeit des Aufreißens noch ist, desto mehr wird sie durch nachträgliche üppige Ausbildung des Gewebes der Wundflächen deformiert. Das Gewebe der Rübe wächst weiter; und die Wandungen der Rißstelle wölben sich polsterförmig vor; diese durch Wundkork braunen stumpfen, hervorgewölbten Gewebekissen schlagen sich durch ihren gegenseitigen Druck schalenförmig zurück und können veranlassen, daß eine in zwei oder

vier und mehr Lappen gespaltene Rübe entsteht. Auch das Aufreißen von Kopfkohl, wie es neuerdings A. Bier[1]) als Folge andauernder Trockenheit mit darauffolgendem Regen beschreibt, ist oft nicht selten und beeinträchtigt die Ernte wesentlich.

Auch bei Kartoffeln ist ein solcher Vorgang beobachtet worden. Stengel findet man häufig aufgerissen. Nach einer längeren Trockenperiode sah Sorauer im Sommer 1882 einen mehrere Hektar großen Kartoffelschlag auf leichtem Boden erkranken. Es zeigte sich eine Fäulnis einzelner Stengel, welche an ihrer Basis klaffend aufgerissen waren. Der anatomische Befund ließ nur auf Wasserüberschuß schließen, der nach langer Trockenheit eingetreten war. Solange die Nässe anhielt, faulten eine Anzahl Pflanzen gänzlich aus; bei eintretender Trockenheit wuchsen diejenigen Pflanzen kräftig weiter, bei denen nur einzelne Triebe kleinere Rißstellen zeigten.

Bei Früchten[2]), namentlich bei Pflaumen und Äpfeln, findet man in trockenen Jahren große Stellen, die statt mit der wachshaltigen, glänzenden Schale mit stumpfbrauner Korkhaut überzogen sind. Soweit es sich dabei nicht um die Vernarbung von Fraßstellen an der jugendlichen Frucht handelt, muß hier wahrscheinlich ein Vorgang sich eingeleitet haben, der analog dem das Rauhwerden reifer, glattschaliger Kartoffelknollen verursachenden Prozesse ist. Die mit glänzender Wachsschicht bedeckte junge Frucht erhält viele kleine Risse, welche durch im darunter liegenden Fleische entstandene Korkzellen abgeschlossen werden. Bei Mirabellen wurde ein solcher Vorgang wirklich nachgewiesen.

Es gibt eine sehr empfehlenswerte Aufbewahrungsmethode für Winteräpfel, nämlich das schichtenweise Einlegen der Früchte in lufttrockenen Sand oder Torfmull. Wenn man unvorsichtigerweise den Sand bzw. den Torf zu feucht wählt, verliert ein bisweilen großer Prozentsatz der Früchte seinen Verkaufswert durch Aufreißen der Schale.

Müller-Thurgau[3]) machte bei Versuchen ähnliche Erfahrungen. Nach achtmonatiger Lagerung von Äpfeln in Kisten mit Erde fand er die Früchte naß und teils aufgesprungen, teils mehlig und in ihrem Säure- und Zuckergehalt stark zurückgegangen. Der Prozentsatz an faulenden Äpfeln war aber geringer als bei den frei im Keller liegenden Früchten.

Soweit das Aufreißen von Früchten und Gemüsen an der Aufbewahrungsmethode liegt, wird man demselben durch einen trockenen, gut durchlüfteten Lagerungsort abhelfen können. Schweinfurth sandte im Spätherbst in lufttrockenem Torfmull verpackt Äpfel der sehr haltbaren Sorte „Brauner Mat-Apfel" nach dem Innern von Togo, wo sie Weihnachten in tadellosem Zustande ankamen, trotzdem sie einige Wochen durch Träger in der Sonnenhitze transportiert waren. Bei Früchten auf dem Baume, namentlich bei Pflaumen, die sehr leicht platzen, empfiehlt sich bei Eintritt längerer Regenperioden das Abschütteln des Wassers von den Baumkronen. Manche Apfelsorten, namentlich Pfirsichfarbene Sommeräpfel sind

[1]) Bier, A., Vom Platzen und Durchschießen des Kopfkohl. Erfurter Führer im Obst- und Gartenbau XXI (1920), S. 185.

[2]) Vgl. Osterwalder, A., Vom Aufspringen des Obstes. Schweiz. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau XXVIII (1919), S. 399—403, mit 1 Abb., ref. von Laubert, Zeitschr. f. Pflzkrkh. XXX (1920), S. 101. — Über Ringrisse an Äpfeln und Tomaten, vgl. Laubert in Erfurter Führer im Obst- u. Gartenbau XX (1920), S. 362f., mit Abb.

[3]) Fünfter Jahresb. d. deutsch-schweizerischen Versuchsstation zu Wädensweil. Zürich 1896.

sehr empfindlich; tritt zur Reifezeit Regenwetter ein, so ist die größte Mehrzahl (oft bis auf das sich fast auslösende Kernhaus) unregelmäßig aufgerissen.

Schließlich muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Neigung zum Aufspringen auch erblich werden kann. Es liegt eine Beobachtung darüber bei Gurken vor. Bei der Treiberei wählte der Besitzer stets die schönsten Exemplare einer Sorte, die leicht aufplatzte, zur Samengewinnung und mußte bemerken, daß dieser Übelstand von Jahr zu Jahr reichlicher und früher sich geltend machte. Er bepflanzte nun die Hälfte seines Glashauses mit der bisher benutzten Treibsorte und die andere Hälfte mit einer Freilandsorte. Diese letztere ergab gesunde Früchte bis zum Herbst, während die mit der bisherigen Treibsorte bepflanzte Hälfte von Mitte Mai ab aufgesprungene Früchte zeigte. Solche Wahrnehmungen geben beherzigenswerte Winke für die Auswahl der Samen von Gemüsen, die zum Aufspringen neigen.

Abwerfen der Blütenknospen und Früchte[1]).

Bei der Obstkultur sind die Fälle nicht selten, daß ein reicher Blüten- oder Fruchtansatz durch Trockenheit verlorengeht. Manche Bäume werfen in nur einigermaßen trockenen Jahren regelmäßig die Mehrzahl der Früchte, andere nur in seltenen Fällen. Wasserbedürftige Obst-Arten (Pflaumen) und -Sorten leiden mehr wie minder anspruchsvolle; auf berastem Boden leiden Flachwurzler eher wie auf nacktem Boden. Je reicher mit Blüten oder Früchten ein Baum besetzt ist, desto leichter kommt er zum Abwerfen eines Teiles seiner Ernte.

Wenn in einigermaßen trockenen Jahren die ganze Ernte abgeworfen wird, dann kann man mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß im Boden eine Schicht ist, die stets sehr wasserarm ist. Bei Pflaumenbäumen[2]), Aprikosen usw. ist öfter zu beobachten, daß sie alljährlich reichlich blühen und gesundes Holz produzieren, aber stets die Früchte ganz oder bis auf wenige abwerfen; wird nachgegraben, so findet sich stets, meist in 70 bis 100 cm Tiefe, eine staubtrockene, öfter von anderen Wurzeln durchzogene Erdlage. Erneuerung des Bodens und Durchtränkung hat zur Folge, daß meist eine kleinere Anzahl von Früchten (oder keine) am Baume bleibt und sehr schön ausreiften. Im nächsten Jahre wird die Ernte dann normal (vgl. unten beim Abschnitt „Ballentrockenheit“).

Aus dem Jahre 1862 berichtet Lucas, daß im Juli oder August eine Notreife (s. unten) der Zwetschen[3]) im Oberamt Tübingen eintrat, so daß die Früchte schon sechs Wochen vor ihrer Reife sich rötlich färbten, „fuchsig“ wurden. Das in dieser Trockenperiode öffentlich empfohlene Gießen hatte den Erfolg, daß die Früchte auf einmal zusammen abfielen (!), daß aber die durch das Begießen gekräftigten Bäume im nächsten Jahr eine reiche Fruchternte brachten, während bei denjenigen Bäumen, bei welchen das Begießen unterlassen worden war, das Abfallen der Früchte im Jahre der Dürre allmählich erfolgte, aber im nächsten Jahre an den erschöpften Bäumen sich auch keine Früchte zeigten.

---

[1]) Vgl. auch Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 4. Aufl., S. 200 f.

[2]) Plum Trees dropping their Crop. Gard. Chron. 1878, II, S. 280.

[3]) Vgl. auch Bartz, H., Das Abstoßen der Pflaumen zur Zeit der Steinbildung. Gartenwelt XXIV (1920), S. 178 f.

Die beiden angeführten Fälle zeigten den Unterschied in der Wirkung der rechtzeitigen und verspäteten Wasserzufuhr.

Das Abwerfen wird eingeleitet durch Anlage einer Trennungsschicht; das wirkliche Abbrechen erfolgt erst später an der Trennungsschicht durch die Lösung der Zellen aus ihrem Verbande. Tritt das Gießen nach Bildung der Trennungsschicht ein, dann geht der Ablösungsprozeß schnell vor sich, weil sich mit der gesteigerten Turgeszenz die Zellen wölben und die Zahl ihrer gegenseitigen Berührungspunkte schnell vermindern.

Dieselbe Erscheinung sehen wir an den Blättern mancher Bäume nach Sommertrocknis. Fällt ein ausgiebiger Regen, so tritt der Sommerlaubfall viel schneller ein als ohne starke Feuchtigkeit, eine Erscheinung, die man bei einsetzendem Regen im Herbste oft beobachten kann. Tritt nach schönen Herbsttagen reichlicher Regenfall ein, so wird fast alles Laub in wenigen Stunden vom Baume geworfen, auch ohne daß irgendeine Frostnacht vorhergegangen wäre und selbst bei ganz windstillem Wetter.

Außer diesem totalen, verhältnismäßig selten vorkommenden Abwerfen sehen wir alljährlich ein teilweises Abfallen der Früchte eines Baumes. Meist beginnt es in trockenen Frühjahren bei hellem, windigem Wetter, kurz nach der Blüte. Es fallen meist die aus den letztentwickelten Blüten entstandenen Früchte eines Blütenstandes. Am meisten leiden die den Spitzen der Zweige zunächst stehenden Fruchtansätze, während die der Hauptachse näher liegenden, an der Zweigbasis befindlichen Blütentrauben mehr Früchte behalten. Bei diesen Erscheinungen ist es neben dem Mangel an Wasser der an plastischem Nährmaterial überhaupt, der die Schwellung der sämtlichen Fruchtknoten verhindert. Die der zuleitenden Stammachse zunächst stehenden Früchte verbrauchen das Material auf Kosten der peripherisch gestellten. Bei der Spalierzucht regelt man diese Ernährungsverhältnisse künstlich, indem man bald nach dem Fruchtansatz einen großen Teil der ungünstig gestellten Früchte mit der Schere wegnimmt.

In neuester Zeit berichten Lloyd[1]) und Cook[1]) über den Kapselabwurf der Baumwolle namentlich infolge des Schwankens des Bodenwassers; die Stärke des Abwurfs ist auch genetisch bedingt, ägyptische wirft weniger als Upland. Der Abwurf wird auch hier durch ein deutliches Trennungsgewebe (Beschreibung im Original Lloyd) eingeleitet.

Bei der Treiberei ist auf das Wasserbedürfnis der Früchte besonders genau Rücksicht zu nehmen, namentlich bei Pfirsich und Aprikosen. Wenn der Stein zu erhärten beginnt, ist das Wasserbedürfnis am größten und das Abwerfen manchmal durch eine einzige kurze Trockenperiode veranlaßt. Vor und nach dem bezeichneten Entwicklungsstadium muß man aber sparsamer mit dem Begießen sein, da man sonst vorzeitige Triebe erzeugt, welche das zur Ausbildung der Früchte nötige Material an sich ziehen. Dann können noch in einer späteren Epoche die Früchte aus Nahrungsmangel fallen oder wenigstens verkümmern (vgl. auch S. 266 Bartz).

Diese Erscheinung ist namentlich bei den Topfkulturen der Liebhaber oft anzutreffen. Abgesehen von der Bodentrockenheit, ist es Wasser- bzw.

---

[1]) Lloyd, F. E., Environmental changes and their effect upon Bollshedding in cotton (Gossypium herbaceum). Ann. New York Acad. Sc. XXIX (1921), S. 1—131, mit 26 Abb. — Cook, O. F., Causes of shedding in cotton. Genetic factors indicated as well as structural and environmental cause. Journ. of Heredity XII (1921), S. 199 bis 204, mit 4 Abb.

Ernährungsmangel für die Blütenorgane dadurch, daß andere Organe ihnen das Material wegnehmen.

Für den letzteren Fall dienen unsere Azaleen und Kamelien als häufigstes Beispiel. Liebhaber klagen ungemein häufig, daß sie Pflanzen mit großem Knospenreichtum nicht zur Blumenentfaltung im Zimmer kommen sehen: bei Azaleen vertrocknen die Knospen, bei Kamelien werden dieselben abgestoßen. In beiden Fällen entwickeln sich vorzeitig unmittelbar unter den Blütenknospen frische, schnell und kräftig wachsende Triebe. In diesem vorzeitigen Hervorbrechen junger Zweige liegt die Veranlassung zum „Verkommen der Blüten". Der Fehler in der Behandlung liegt darin, daß die Pflanzen für den augenblicklichen Stand ihrer Entwicklung zu warm und feucht oder lichtarm gehalten werden, bzw. daß der mangelnde Sonnenschein im Winter die nötige Belichtung unmöglich macht. Die Bodenfeuchtigkeit weckt die neben den Blütenknospen stehenden Laubknospen zu vorzeitigem Hervorbrechen, und diese ziehen nun den Nährstoffstrom an sich und drängen die funktionsschwache Blütenknospe ab.

Solche Zustände des Verhungerns einer Blütenanlage infolge zu starker Entfaltung der vegetativen Organe bei zu matter Belichtung durch mangelnden Sonnenschein (und öfter zu feuchter Luft in Gewächshäusern) finden wir auch bei der Treiberei der Blumenzwiebeln, namentlich der Tulpen. Bei den neueren Kultursorten finden wir mehrfach, daß der Blütenschaft nicht blattlos, sondern mit ein bis zwei Blättern versehen ist, die auf deutlich ausgeprägten Knoten stehen. Bei derartigen Exemplaren ist die Blütenanlage so schwächlich, daß sie bei der Wintertreiberei durch das Übergewicht, das die Blattentfaltung infolge des Wasser- und Wärmeüberschusses erlangt, gar nicht zur Entwicklung kommt, sondern vertrocknet.

Das vorzeitige Wecken des Treibens durch unzeitgemäßes starkes Gießen nach einer Trockenperiode wird am häufigsten bei dem Treiben von Blütensträuchern verderblich. Bei Kamelien hat man, wie bemerkt, mit dem Abstoßen der Blütenknospen am häufigsten zu kämpfen. Der Prozeß der Entfaltung der Knospen ist ein langsamer, der sich durch künstliche Hilfsmittel nicht über ein gewisses Maß hinaus beschleunigen läßt; er ist um so langsamer, je kühler und wasserärmer bisher die Pflanzen gestanden haben. Entsprechend den Feuchtigkeits- und Ernährungsverhältnissen sind die Blumenblätter in der Knospe in einer bestimmten Größe angelegt und ausgebildet, und kurz vor der Blütezeit ist durch die dann herrschende Trockenperiode im Überwinterungsraum das Wachstum der Gefäßbündel abgeschlossen, d. h. diese letzteren haben die Wachstumsfähigkeit, wie (S. 260ff.) bei den mechanischen Elementen beschrieben wurde, verloren. Wenn Wasser plötzlich reichlich zutritt, macht sich dies nur in den jüngsten Geweberegionen bemerkbar, also an der Basis der Blumenblätter. Das parenchymatische Blattfleisch dehnt sich und wächst, die dünnen und feinen Gefäßbündel können nicht folgen; sie werden zerrissen, und damit ist die Wasserzuleitung unterbrochen, und die Blumenblätter werden so von der Achse abgelöst. Es heben sich dann die in der Knospe fest zusammengerollten Blumenblätter als Hohlkegel von dem Blütenboden ab. Wenn die neben den Blütenknospen befindlichen Laubknospen dabei zur Entfaltung gebracht werden und das für die Blume bestimmte Material für sich in Anspruch nehmen, dann wird die Knospe

abgedrückt, und sie löst sich mit ihrem Blütenboden ab; es fallen dann also nicht nur die Blumenblätter ab.

Bei zarten Rosen (z. B. Maréchal Niel u. a.) sehen wir mitten im Sommer nach trockenen Perioden bei Eintritt von Regen ein Abstoßen der der Entfaltung nahen Blütenknospen. Die Blumenblätter lösen sich (öfter unter Fäulnis ihrer Basis), ohne daß die leuchtend gefärbten, aber noch fest aufeinandergepreßten Spitzen derselben sich voneinander abgehoben hätten. Genau dieselbe Erscheinung war vor dem großen Kriege bei den im Winter in allen Großstädten bekannten, man kann wohl sagen berüchtigten, italienischen Rosen der Fall. Bei diesen mußte man die Blumenblätter mit einem feinen Draht durchziehen und diesen am Blütenstiele befestigen, um das Abfallen der Blumenblätter vom Kelche zu verhüten.

Die Rosenknospen wurden in Oberitalien und besonders an der Riviera, wo sie im Freien, also in Sonne und freier, ziemlich trockener Luft gewachsen waren, kurz vor der Entfaltung geschnitten und zu vielen zusammengebunden in Kisten verpackt. Durch ihre eigene starke Verdunstung wurde nun natürlich in der Kiste eine geschlossene, völlig wasserdampfgesättigte Luft geschaffen, die, genau wie es oben bei den Kamelien beschrieben wurde, das Blattparenchym der Blumenblätter zum Wachstum anregte, dem die feinen Gefäßbündel nicht zu folgen vermögen und deshalb auch zerreißen. In den Blumenhandlungen angekommen, sitzt meist das Blattparenchym noch auf dem Kelchbecherrande fest; sobald die Blüten aber trocknerer Luft ausgesetzt werden oder durch das künstliche Öffnen der Knospe durch den Blumenhändler stärker verdunsten, macht sich der Mangel der Wasserzuleitungsröhren am Grunde der Blumenblätter bemerkbar; die letzteren werden dann abgestoßen.

Das Abstoßen junger Blütentrauben bei den Hyazinthen.

Bei Hyazinthenzwiebeln, namentlich bei der Treiberei derselben während der Wintermonate, ist der Fall einer Ablösung der ganzen noch unentwickelten Blütentraube nicht selten. Aus vollkommen gesunden Zwiebeln mit bereits weit entwickelten, ja häufig übermäßig gestrecktem Laubkörper läßt sich die noch ziemlich kurze, ebenfalls gesunde, oft noch ungefärbte, häufig schon etwas vergilbte Blütentraube herausheben. Bei der sehr üppigen, aus Holland stammenden Sorte Baron von Thuyl fand Sorauer die sonst normal entwickelten Blätter stellenweise gelblich und an diesen Stellen schwach geschwollen, ja hier und da sogar geplatzt. Die Blütentraube war stark, vollkommen gesund, etwa 8 cm lang, mit einem ebenso langen, ganz gesunden Schaft versehen und fast noch vollkommen farblos.

Der Zwiebelschaft hatte sich am Boden losgelöst; die Zellen des Zwiebelbodens erschienen je nach dem Alter der Trennungsstelle an derselben in verschiedenem Maße schlauchförmig aufgetrieben, und diese Auftreibung ließ sich von der Trennungsstelle aus auf wechselnde Tiefe hinein verfolgen. Auch die prokambialen Zellen der Gefäßstränge waren zwar seitlich nicht voneinander gelöst, aber in der Nähe der Trennungsfläche an den diesen zugekehrten Enden blasig erweitert.

Die Gefäße an den Trennungsflächen sind einfach durchgerissen und zunächst nicht braun gefärbt, sowie überhaupt die junge Trennungsfläche vollkommen ungefärbte Wandungen zeigt.

Der Beginn der Lösung zeigt sich darin, daß einzelne Zellen in einer gewissen Höhe im Basalgewebe des Blütenschaftes sich abzurunden und aufzuwölben anfangen; selten findet dies gerade in der Ebene dicht am Zwiebelboden, wo sich das nächstliegende Laubblatt abhebt, statt, sondern in der Regel liegt die Trennungsfläche einige Zellschichten höher. Dieselbe ist auch keine vollkommen ebene Horizontalfläche, sondern mit vielen Vorsprüngen versehen. Gleichzeitig mit der beginnenden Wölbung einzelner Zellen der späteren Trennungsfläche ist eine Quellung der Membranen dieser Zellen an der Seite erkennbar, an der die Wölbung sich einstellt; es ist eine streifige Mittellamelle der Membranen, welche in Quellung gerät. Die Quellung erfolgt auch nicht in der ganzen Membranschicht gleichmäßig, sondern an einzelnen Stellen in höherem Grade als an anderen, wodurch der gequollene Membranstreifen einen knotigen, stellenweise Einschnürungen zeigenden Verlauf erhält.

Bemerkenswert erscheint noch an den der Bruchfläche naheliegenden Zellen eine häufig auftretende, perlig unregelmäßige Beschaffenheit der Außenfläche der Zellmembranen. Diese halbkugeligen bis zitzenförmig-kugeligen Auftreibungen entsprechen denjenigen bei der später bei den Krankheiten durch Wasserüberschuß zu erwähnenden Wollstreifigkeit der Äpfel und sind als einzelne Quellungspunkte der kutikularisierten Außenhaut aufzufassen; denn sie zeigen mit Chlorzinkjod eine rein goldgelbe Färbung, während die übrige Membran intensiv blau wird; bei dem Verblassen behalten die Membranen der zarten Zellen noch nach acht Tagen einen weinroten Ton.

Bei zunehmender Quellung und endlichem Auseinanderweichen der Zellen beginnt die gequollene Membran gelblich zu schimmern. Je länger die Bruchfläche der Luft ausgesetzt ist, desto dunkler wird die Membran, und desto weiter greifen Gelbfärbung und Quellung in das gesunde Gewebe rückwärts hinein. Mit der Gelbfärbung beginnt der Verkorkungsprozeß, selten ein Fäulnisvorgang.

Aus der Beschreibung dieses Einzelfalles geht hervor, daß das Abstoßen der Hyazinthenblütenstände eigentlich ein Akt des Wasserüberschusses in einer gewissen Gewebezone ist; dennoch haben wir ihn wie auch die übrigen Abstoßungsvorgänge unter die durch Trockenheit hervorgerufenen Erscheinungen gebracht, weil zweifellos nach zahlreichen Beobachtungen und eigenen Kulturversuchen (Graebner) auch hier bei den Hyazinthen die Quellung der Membranen und Auseinanderwölbung der Zellen nicht eingetreten wäre, wenn nicht in diesen, die spätere Trennungsfläche darstellenden, noch jugendlichen Zellregionen und dem ganzen darüber liegenden Organ vorher ein Stillstand in der Ernährung und dadurch ein gewisser Abschluß in der Ausbildung der Gefäßbündel durch eine einmalige, wenn auch vielleicht kurze Trockenperiode stattgefunden hätte. Auch hier vermögen die wasserleitenden Gefäßbündel dem erneuten intensiven Wachstum der parenchymatischen Zellmassen nicht zu folgen, sie werden gespannt und schließlich zerrissen. Nach dem Zerreißen staut sich der Saft naturgemäß an der betreffenden Stelle, und die noch bildungsfähigen Zellen werden überfüttert und dadurch in der geschilderten Weise deformiert.

Zweigabsprünge.

Als „Absprünge" werden diejenigen kleinen Zweige bezeichnet, welche sich durch einen organischen Prozeß meist samt ihrer ausgebil-

deten Belaubung von der Mutterachse abgliedern. Die Abgliederung erfolgt vorzugsweise im Herbst, doch auch im Sommer (Juli), und wir haben verschiedene Ursachen für dasselbe Phänomen zu berücksichtigen. Nicht alle Gehölze zeigen diese Eigentümlichkeit, und diejenigen, bei denen sie auftritt, werfen nicht alle Jahre[1]) und nicht in allen Exemplaren. Junge, kräftige Bäume zeigen manchmal keine Absprünge, während ältere oder auf magerem Boden stehende Exemplare im Herbst den Boden unter sich mit ihren Zweigen bedecken.

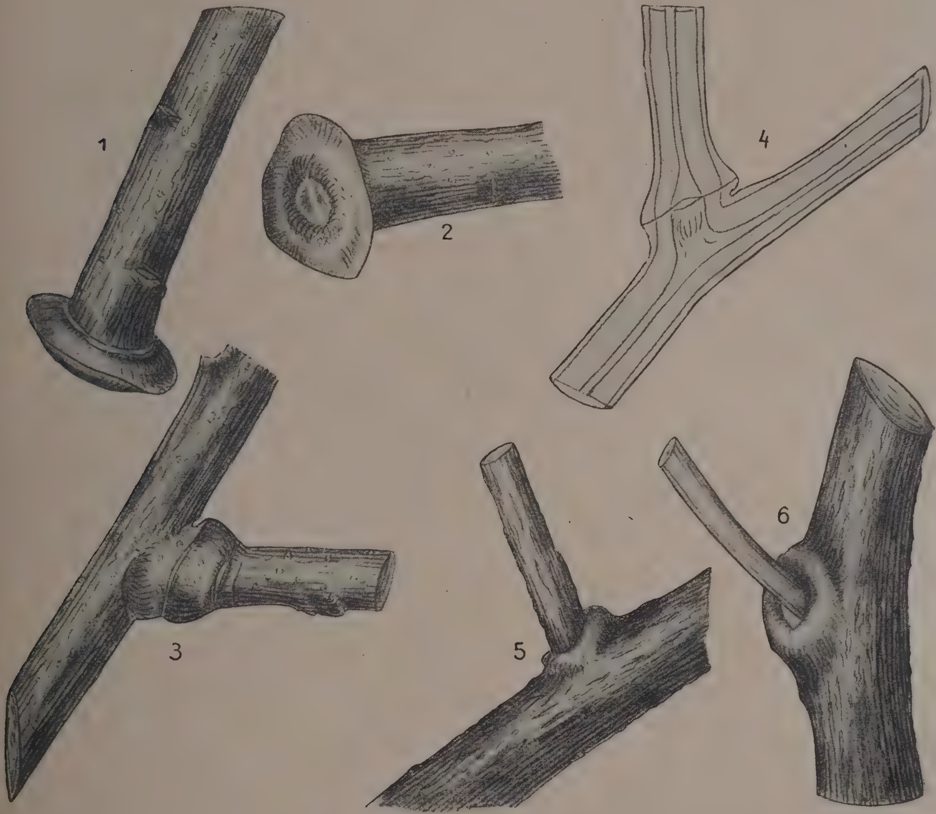


Abb. 59. 1, 2 abgesprungener Zweig von *Populus alba* und 3, 4 noch sitzender abzustoßender Zweig. 5, 6 Linde, 5 der abzustoßende Zweig mit, 6 ohne Rinde. (Orig. Erika Graebner sen.)

Das bekannteste Beispiel liefern die Pappeln[2]), deren oft meterlangen Zweige mit ihren gelenkkopfartig oder besser fast petschaftartig angeschwollenen, hervorgewölbten, glatten, bei feuchter Witterung sammetartig schillernden Bruchflächen am deutlichsten auch zeigen, daß der Zweig nicht durch gewaltsames Zerreißen seiner Elemente, sondern durch eine von organischen Vorgängen im Innern vorbereitende Lösung gewisser Gewebezonen sich ablöst (Abb. 59).

---

[1]) Borckhausen, Forstbotanik I, S. 294.
[2]) K. Müller, Hal., Der Pflanzenstaat, S. 532, gibt eine Abbildung davon.

Neben den Pappeln werden vorzugsweise die Absprünge der Eichen[1]) erwähnt; bei den Fichten kommen außer den häufig zu findenden, von den Eichhörnchen abgebissenen Zweigen[2]) (Abbisse) wirkliche Absprünge wahrscheinlich nicht vor, dagegen bei *Pseudotsuga*!

Beobachtet ist ferner noch eine Ablösung der Zweige (resp. Phyllokladien) bei *Xylophylla* und *Phyllocladus*[3]), bei allen *Dammara*-Arten, vorzüglich schön nach A. Braun bei *Dammara australis*, bei mehreren *Podocarpus*-Arten, bei Guajaceen, Piperaceen, vielen strauchartigen Akanthaceen, bei *Laurus camphora*, *Crassula arborescens*, *Portulacaria afra*, *Taxodium distichum*[2]), bei *Tilia*[1]), bei *Ulmus*, *Evonymus*, *Prunus padus*, *Erica*, *Salix*, *Thuja* usw.[4]).

Diesen Absprüngen verdanken die Bäume teilweise ihren charakteristischen Habitus. Aber der Ablösungsvorgang wechselt nach Standort, Witterung und anderen Einwirkungen. So hebt Röse[4]) beispielsweise hervor, daß bei anhaltender Dürre die Absprünge häufiger sind, daß in der Mehrzahl der Fälle Seitentriebe abgeworfen werden, bei manchen Pflanzen aber auch der Gipfeltrieb. Nördlinger[5]) hebt hervor, daß vorwiegend schwachwüchsige Zweige sich abgliedern.

Wie wir einen Sommerlaubfall haben, finden wir bisweilen auch sommerliche Absprünge. *Gymnocladus*, *Catalpa bignonioides*, *Gleditschia*, *Tilia* und besonders *Ailantus glandulosa* zeigen die gleiche Bildung einer Trennungsschicht und das Auseinanderweichen der Zellen wie die Blätter. Bei den jungen Trieben von *Ailantus* läßt sich gut beobachten, daß an der Bildung der Trennungsschicht neben dem Parenchym auch die noch nicht verholzten Zellen der Gefäßbündel sich beteiligen. Kork ist um diese Zeit weder in der Nähe der Ablösungsstelle noch an der Oberfläche der Zweigrinde entwickelt, wodurch wir wiederum bestätigt sehen, daß der Ablösungsprozeß nicht auf der Bildung einer Korkschicht beruht; diese ist nur als eine bald sehr früh (vor der Ablösung), bald später auftretende Schutzschicht des freigelegten, parenchymatischen Gewebes zu betrachten.

Sehr ausgedehnte Untersuchungen über die Zweigabsprünge verdanken wir v. Höhnel[6]), der besonders auch Koniferen in den Kreis seiner Studien gezogen hat und dabei zu dem Schlusse kommt, daß man bei den Nadelhölzern nicht von Zweigabsprüngen reden darf, sobald man darunter das Abwerfen lebensfrischer und saftiger Zweige versteht. Bei den Koniferen stirbt nämlich meist der abzuwerfende Zweig zunächst

[1]) Th. Hartig, Naturgeschichte d. forstl. Kulturpflanzen, S. 119. — Pfeil, Deutsche Holzzucht, 1860, S. 136. — Wigand, Der Baum, 1854, S. 67. — Schacht, Der Baum, 1853, S. 305, Lehrbuch d. Anatomie usw., II (1859), S. 19.

[2]) Ratzeburg, Waldverderbnis, I, (1866), S. 219 (Tafel 28, Abb. 3); s. dagegen Beling und ferner Roth (Über Absprünge bei Fichten), Bot. Jahresbericht von Just, II, S. 968, 971, und v. Höhnel, Mitt. forstl. Vers. Österr. III (1878). — Gonnermann, Über die Abbisse der Tannen und Fichten. Bot. Zeit. von v. Mohl und Schlechtendal, 1865, Nr. 34. — Röse, Bot. Zeit. 1865, Nr. 41.

[3]) v. Mohl, Über den Ablösungsprozeß saftiger Pflanzenorgane. Bot. Zeit. 1860, S. 274 u. 275.

[4]) Röse, Über die „Absprünge" der Bäume. Bot. Zeit. 1865, S. 109 (Nr. 14).

[5]) Nördlinger, Deutsche Forstbotanik. I (1874), S. 199.

[6]) v. Höhnel, Über den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs von v. Seckendorff, I (1878), S. 255. — Weitere Untersuchungen über den Ablösungsvorgang von verholzten Zweigen. Ebend. II 2., S. 247. — Vgl. auch Molisch, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei, 4. Aufl., S. 201.

am Stamme ab und wird gelb oder braun; erst nachdem er schon tot ist, wird er auf gesetzmäßige Weise und immer durch Vermittlung einer Korkschicht abgeworfen, wobei der Holzkörper an einer bestimmten Stelle bricht. Die Zweigabsprünge der Laubhölzer werden im lebenden und saftigen Zustande durch Vermittlung einer den dicken Holzkörper quer durchsetzenden Parenchymzone ohne Mithilfe einer Korkschicht abgeworfen, ähnlich bei *Pseudotsuga*.

Das Alter der normalen Abwürfe ist sehr verschieden. Bei *Taxodium*, soweit beobachtet auch bei Douglasfichte, sind sie immer einjährig, bei *Pinus strobus* immer dreijährig, bei *Pinus laricio* 2—7jährig, bei *Pinus silvestris* 2—6jährig, bei den Zweigen von *Thuja occidentalis* 3—11jährig. Daß Fichte und Tanne keine Absprünge machen sollen, ist bereits anfangs erwähnt worden.

Bei den Laubhölzern kann man deutlich bemerken, daß meist die aus Seitenknospen oder Adventivaugen hervorgegangenen, oft schwächlichen Triebe abgestoßen werden, die sich bloß zu Kurztrieben entwickelt haben. Langtriebe werden nur reichlich bei Pappeln und Weiden, bisweilen auch bei Eichen abgestoßen, und zwar ältere (bis 6jährige Äste). In seltenen Fällen beobachtet man den Vorgang auch bei *Prunus padus* und *Evonymus Europaea*, während bei den anderen Gehölzen meist nur einjährige Triebe abgeworfen werden.

Für uns beachtenswert ist die Beobachtung von v. Höhnel bei *Thuja occidentalis*, daß der Holzkörper an der späteren Abschnürungsstelle bedeutend schwächer entwickelt ist als ober- oder unterhalb derselben. An der späteren Bruchstelle ist derselbe besonders stark eingeschnürt. Die Zellen des Rindenparenchyms vergrößern sich stark, so daß eine namhafte Lockerung entsteht. Bei *Thuja orientalis* fehlt das fleischige Zweigkissen, und es zeigt sich hier kein regelmäßiger Abwurf. Bei *Parthenocissus* ist alljährlich zu beobachten[1]), daß das basale Internodium stehen bleibt und im nächsten Jahre neue Triebe bringt, welche sich bei Eintritt kalter Witterung wiederum abgliedern können.

Für die Zweigabsprünge ergibt sich dasselbe Gesetz wie für den Laubfall: der Verbrauchsherd, also hier der Zweig, bildet aus irgendeiner Ursache nicht mehr das normale Anziehungszentrum für das ungeschwächt zuströmende Wasser. Entweder sind die Zweige von vornherein schwächlich angelegt, oder sie kommen durch ungünstigen Standort zu geringer Entwicklung oder werden durch große Sommertrockenheit schlecht ernährt oder sind durch Kälte aktionsunfähig geworden usw. Erst das lebensschwache Organ wird aus der Hauptsaftbahn ausgeschaltet; entwickelt es sich von Anfang an bei großer Wasserzufuhr, erfolgt kein Abwurf. Feuchte Jahre zeigen wenig oder keine Absprünge. Die bei Forstmännern vorhandene Ansicht, daß Jahre mit viel Absprüngen gute Samenjahre einleiten, hat eben ihre Begründung darin, daß dies trockene Jahrgänge sind, in denen die Ausbildung von Blütenanlagen begünstigt wird.

Der Abwurf erfolgt mechanisch so, daß infolge des stockenden Wachstums des schwachen Zweiges und der dadurch erfolgten Ausschaltung aus den Saftbahnen seiner Ursprungsachse der absteigende Saftstrom dieser letzteren an der Ansatzstelle eine Stauung erfährt und daher dort eine Rindenverdickung einleitet, der der ausgeschaltete Zweig nicht folgt.

[1]) Meehan, On disarticulating branches in Ampelopsis. Proceed. of the americ. Acad. of Philadelphia. Part. I, 1880, vgl. Bot. Centralbl. 1880, S. 1005.

Durch die Verdickung des Ursprungszweiges wird der petschaftartig erweiterte Grund des schwachen Zweiges abgedrängt, und die Spannung löst sich dann an der schon im normalen Zustande viel brüchigeren Trennungsfläche aus; der Zweig fällt ab. Durch stärkere oder geringere Absprünge wird die Dichtigkeit der Belaubung wesentlich beeinflußt.

Auch bei Gehölzen, bei denen so glatte Absprünge wie bei den Pappeln nicht vorkommen, kann man häufig die Verdickung an oder über den Ansatzstellen schwächlicher Zweige an der Ursprungsachse beobachten als Folge des Saftaufstaues, da der ausgeschaltete Zweig bereits wie ein Fremdkörper wirkt. Durch die weitere Verdickung dieses Wulstes wird das abgestorbene brüchig gewordene Holz, namentlich bei einigermaßen steiler Stellung gegen den Ursprungsast am Grunde abgedrängt und dort abgebrochen, wie man alljährlich bei den abfallenden trockenen Zweigen beobachten kann.

Wenn die Absprünge im Forstbetriebe auch wenig wirtschaftliche Bedeutung haben, so erlangen sie bei dem Gartenbau aber eine Wichtigkeit als Symptom für Gesundheit oder Krankheit eines Baumes.

Die Schüttekrankheiten.

Den bedeutsamsten Fall vorzeitigen Blattabwurfs bilden die Schüttekrankheiten. Wir sprechen hier in der Mehrzahl, obwohl man vorzugsweise einen plötzlichen Nadelabfall junger Kiefern als „Schütte" zu bezeichnen pflegt. Es können alle Pflanzen „schütten", welche überhaupt ihren sterbenden Blattapparat abzugliedern imstande sind. Es handelt sich eben nur darum, ob der Blattkörper in seiner Gesamtheit plötzlich funktionsschwach oder funktionslos wird. Nur weil bei der Kiefer der Fall so ungemein häufig und von schweren Folgen begleitet erscheint, hat man die Kiefernschütte speziell oft als „Schütte" angeführt.

Diese Krankheitsform äußert sich am häufigsten und schwersten an zwei- bis vierjährigen Sämlingen, deren Nadeln im Frühjahr plötzlich braungelb oder braunrot werden und nach kurzer Zeit abfallen. Die größere Verbreitung dieser Erscheinung datiert erst von einer allgemeiner gewordenen Änderung der früheren Kulturmethode der Samenschläge und des Femelbetriebes, an deren Stelle jetzt die Erziehung der Pflanzen in Saatbeeten getreten ist.

Seit dieser Zeit ist beobachtet worden, daß in den Monaten März bis Mai manchmal binnen weniger Tage große Flächen von Sämlingspflanzen wie verbrannt aussehen. Dabei aber kann man bemerken, daß junge Pflanzen unter dem Schutze eines nicht sehr geschlossenen Nadelwaldes oder gemischten Bestandes oder auf von alten Samenbäumen beschirmten Schlägen nicht schütten, während kahle Flächen im Freien oder in geschlossenen Lagen von der Krankheit außerordentlich heftig heimgesucht werden. Gestutztwurzelige Exemplare leiden mehr als solche mit langen, kräftigen Wurzeln, und Pflanzen auf nassem Boden am intensivsten. Gebirgslagen sind weniger heimgesucht als die Ebene, und die Nordseiten scheinen fast vollständig verschont zu bleiben, während Süd- und Westseiten stark leiden.

Die Krankheit zeigt sich nicht alljährlich, sondern meist nur nach schneearmen Wintern mit abwechselnden scharfen Frösten. Am stärksten schütten die Pflanzen in trockenen Frühjahren, wo März und April durch helle, warme Tage und darauffolgende kalte Nächte ausgezeich-

net sind. Manchmal tritt die Erscheinung strich- oder fleckenweise auf. Es wurde ferner beobachtet, daß Pflanzen, welche durch einen benachbarten Holzbestand u. dgl. vor der Mittagssonne geschützt waren, meist nicht erkrankten. Saatbeete, welche bis über die Zeit der Frühjahrsfröste hinaus bedeckt blieben, schütteten nicht, während nebenan liegende, schutzlose Saaten schütteten. Samenpflanzen, welche zwischen älteren Ballenpflanzen oder zwischen Besenpfriemen aufwuchsen, selbst solche, die unter hohem Grase geschützt standen, erkrankten nicht, während sie da, wo z. B. die Besenpfriemen im Frühjahr herausgehauen waren, von der Schütte befallen wurden.

Alle diese Tatsachen erklärt Ebermayer[1]) ungezwungen durch die mehrjährigen Beobachtungen der forstlichen Versuchsstationen, daß im März und April die Bodentemperatur bis zu $1^1/_4$ m Tiefe kaum 4° R beträgt, während die Lufttemperatur im Schatten nicht selten um 15—18° R und mehr höher ist.

Die unmittelbare Folge solcher Temperaturdifferenzen zwischen Luft und Boden ist die, daß die oberirdischen Pflanzenteile stark verdunsten, während die Wurzeln, durch die Bodenkälte und die Winterruhe noch in Untätigkeit zurückgehalten, nicht imstande sind, das Bodenwasser aufzunehmen oder doch nicht im gehörigen Maße aufzunehmen, um den oberirdischen Wasserverlust zu ersetzen. Somit vertrocknen die jungen Kiefern selbst bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit.

Je größer nun der Unterschied zwischen Boden- und Lufttemperatur im direkten Sonnenlichte, desto häufiger und verheerender die Schütte. Je mehr dagegen Umstände eintreten, welche die Bodentemperatur erhöhen (wie warme Frühjahrsregen) oder die stärkere Abkühlung vorher verhindern wie lange liegenbleibende Schneemassen oder Streudeckung, desto weniger wird die Krankheit auftreten. Dasselbe wird stattfinden, wenn die Lufttemperatur und die Intensität des Sonnenlichtes vermindert werden, wie z. B. durch häufig bedeckten Himmel, Lage an Nordabhängen, unter dem Schutze von Oberholz, hohen Gräsern oder Sträuchern oder bei künstlicher Beschirmung der Saatbeete während des Tages.

Daß ältere Pflanzen von der Schütte seltener leiden, erklärt sich einmal aus dem stärker entwickelten Holzkörper, der für alle Pflanzen als Wasserreservoir anzusehen ist, zweitens aus dem reichlicher entwickelten, tiefer gehenden Wurzelkörper, welcher in der größeren Anzahl Faserwurzeln mehr Aufnahmeorgane besitzt.

Gegen diese Ansicht hat sich Holzner[2]) mit dem Einwurf gewendet, daß die Verfärbung bei der Schütte binnen 2—3 Tagen eintritt, während bei einem eigentlichen Vertrocknungsprozeß die Kiefernadeln sich nur allmählich röten. Er hält eine direkte Frostwirkung für die Ursache. Frost wird auch als Veranlassung zur Schütte angesehen von Baudisch[3]); dieser hatte Sämlinge durch Auflegen von Reisig auf 1 m von der Bodenoberfläche entfernte Rahmen geschützt. Die bis dahin gesund gebliebenen Pflanzen litten nach Entfernung des Schutzes durch die Aprilfröste.

[1]) Ebermayer, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden usw. Resultate der forstl. Versuchsstat. in Bayern. Aschaffenburg I (1873), S. 251.

[2]) Holzner, Georg, Die Beobachtungen über die Schütte der Kiefer oder Föhre und die Winterfärbung immergrüner Gewächse. Freising 1877. Hier Literaturnotizen von 145 Arbeiten über die Schütte.

[3]) Centralbl. f. d. ges. Forstwesen VII, 1881, S. 362.

Manche Autoren schreiben auch schon den Herbstfrösten einen schädigenden Einfluß zu[1]). Daß es auch parasitäre Schütten gibt, ist nach den Versuchen von v. Tubeuf[2]) nicht anzuzweifeln (s. Bd. II). Nur ist dabei die Tatsache zu berücksichtigen, daß die Schüttepilze auf Kiefernarten, Tannen, Fichten und Lärchen, an älteren Bäumen häufig vorhanden sind, meist, ohne die spezifischen Erscheinungen der Schütte hervorzurufen, wenn nicht eine Schwächung durch eine andere Erkrankung vorangegangen ist[3]); es müssen also bei der so gefürchteten Jugenderkrankung noch speziell begünstigende Umstände hinzutreten, ohne welche die Epidemie nicht zustande kommt.

Die sämtlichen als Ursache der Schütte angeführten Faktoren stimmen darin überein, daß die Nadeln darum fallen, weil sie funktionsschwach geworden oder es infolge der winterlichen Ruhe normalerweise noch sind. Nun beruht aber der Abgliederungsprozeß auf Ausbildung der Trennungsschicht, die eine aktive Lebensäußerung und Turgorsteigerung voraussetzt. Somit ergibt sich ein Antagonismus: Das Blattorgan ist zur Zeit außerstande, als normales Anziehungs- und Verbrauchszentrum zu funktionieren. Nur der unterste Basalteil, die Region der späteren Trennungsschicht, ist vermöge seines anatomischen Baues erregbar und wird zur Ausbildung dieser Schicht angeregt, wenn das Blatt gewissermaßen als untätiger Fremdkörper daransitzt.

Im speziellen Fall der Kiefernschütte glaubt Sorauer, daß die von Ebermayer geschilderten Gegensätze, und zwar gerade die schroffen Gegensätze, die häufigste Veranlassung für die Schütte darstellen. Nur in der Erklärung weicht er insofern von ihm ab, als er statt übermäßig gesteigerter Nadelverdunstung eben noch die winterliche Untätigkeit, die sich auch in der Beschaffenheit des Chlorophyllkörpers zeigen wird, annimmt. Nur die Nadelbasis wird erregt und bildet die Trennungsschicht aus, die, wie bei den Blumenblättern erwähnt ist (vgl. Abstoßen der Blumenblätter), unter Umständen in äußerst kurzer Zeit entstehen kann. Sorauer meint, die Nadel verdurstet nicht, sondern wird eben durch die Trennungsschicht aus dem Betriebe ausgeschaltet. Daß nicht ein Vertrocknen der Nadeln infolge übermäßig gesteigerter Verdunstung die Veranlassung zu Verfärbung und Nadelfall darstellt, möchte er aus der absolut geringen Wasserabgabe der Kiefer im Winter entnehmen. Ein Wasserkulturversuch mit einjährigen Sämlingen zeigte, daß eine Kiefer am 17. November ihre Verdunstung einstellte, trotzdem noch Tage mit + 3, 4, 7, 9° C folgten; sie verdunstete bis zum 22. Dezember nicht ein einziges Gramm Wasser mehr, obgleich die Wurzel in Wasser stand[4]). Sorauer möchte kaum annehmen, daß die Frühjahrstemperatur in einigen Tagen einen großen Wasserverlust anregen sollte, zumal die Kiefer eine der am geringsten verdunstenden Baumarten ist[5]). — Demgegenüber ist zu betonen, daß an den exponierten Lagen die Pflanzen zweifellos während des Winters Wasser verlieren und sich namentlich im Frühjahr, während die Sonne

---

[1]) Alers in Centralbl. f. d. ges. Forstw. 1878, S. 132. — Nördlinger, ebenda S. 389. — Dammes u. a., Jahrbuch d. schles. Forstvereins 1878, S. 40ff.

[2]) v. Tubeuf, Studien über die Schüttekrankheit der Kiefer. Arb. d. Biolog. Abt. am Kais. Gesundheitsamt. II. Heft. 1901.

[3]) Vgl. das S. 108ff. beschriebene Absterben der Lübberstedter Fichten.

[4]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik, III, Heft 4/5, S. 10. Vgl. auch Rebel, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. LIII (1921) S. 321ff.

[5]) Höhnel, v., a. a. O. II, S. 411.

bereits wirkt, der Boden aber noch kalt ist, ein Grad des Welkens zeigt, den Graebner regelmäßig konstatieren konnte. Namentlich die weiche Nadelbasis ist davon am stärksten betroffen, wie man besonders an langnadligen Arten konstatieren kann. Wenn also die Voraussetzung Sorauers, daß die Schütte durch die Ausbildung der Ablösungsschicht zustande kommt, richtig ist, so wird aber die mangelhafte Saugkraft der Nadel durch die Hemmungen der Saftbewegung infolge des Wasserverlustes und der Untätigkeit der Wurzeln veranlaßt werden. Erhöht wird diese Wirkung sicher durch die von Arn. Engler[1]) nachgewiesene absolute Wachstumsruhe der Nadelholzwurzeln im Unterschiede zu der der Laubhölzer. In besonders ungünstigen Wintern mit langen windigen Trockenperioden (Schimpers baumfeindliches Klima) sieht man den weichen Nadelgrund der langnadeligen Kiefern (z. B. *Pinus excelsa*) mitunter derartig einschrumpfen, daß er nicht mehr leitungsfähig ist und bei den ersten warmen Sonnenstrahlen völlig eintrocknet. Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, daß die Kiefernschütte, soweit sie nicht parasitären Ursprungs ist, eine Folge der Winter- und besonders Frühlingstrockenheit bei starken Wechseln, besonders bei warmen Tagen und kalten Nächten ist. Graebner beobachtete die Erscheinung oft bei seinen Studien in der Lüneburger Heide.

„Bei den Kiefernverjüngungen im großen wird das radikalste Mittel darin bestehen, von der ausgedehnten Kahlhiebwirtschaft wieder mehr zur Schlagwirtschaft zurückzukehren, damit die jungen Pflanzen durch Oberholz (mäßige Überschirmung) den nötigen Schutz gegen das direkte Sonnenlicht erhalten, aber doch so viel Licht empfangen können, als zu ihrer kräftigen Entwicklung nötig ist. Derselbe Zweck wird erreicht durch die von NO nach SW vorrückenden, schmalen Absäumungen, welche gegenwärtig bei den Verjüngungen der Kiefernbestände vielfach in Anwendung kommen. — Bei der Kultivierung ausgedehnter Blößen kann die Beschattung auch erzielt werden durch den Vorbau solcher Pflanzen, für deren Gedeihen der betreffende Standort günstig ist, z. B. von Birken usw. oder durch vorausgehende Fichtenpflanzung“ (Ebermayer[2]).

„In solchen Fällen, wo ein Vorbau aus lokalen Gründen nicht angeht, ist die Pflanzung der Saat vorzuziehen (einjährige Pflanzen mit gutem Wurzelsystem scheinen sich dazu am besten zu eignen), immerhin werden aber die beiden ersteren Kulturmethoden weit sicherer zum Ziele führen.“

Eine Schütte bei älteren Bäumen kommt auch vor. Bei Pflanzen, die auf moorigem Boden in Nebellöchern stehen oder in extremen Frostlagen sich befinden, fallen vorzeitig die älteren Nadelbüschel. Aber diese hängen dann schon vergilbend oder vertrocknend im Herbst an den Bäumen und unterscheiden sich dadurch von den spezifisch schüttekranken Sämlingspflanzen. Auf strengen Böden stirbt überhaupt die Kiefer leicht ab.

Im Anschluß an das vorerwähnte Abwerfen der Blätter nach Sommertrocknis mögen hier einige spezielle Beobachtungen von Bouché ihren Platz finden[3]).

Nach einer Trockenperiode werfen ihre älteren Blätter die Orangebäume, Ilex, Kamelien, Lorbeer- und andere immergrüne Bäume; *Thuja*

---

[1]) Arn. Engler, Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Vers.-Wes. VII (1903).

[2]) Vgl. auch Bentheim, O. v. in Graebner, Handbuch der Heidekultur, und Bentheim u. Erdmann in Graebner, Heide Norddeutschlands, 2. Aufl., 1924.

[3]) Bouché und Bolle, Einfluß der Trockenheit. Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. Berlin 1877, S. 246.

wirft ganze Zweige. Im Grunewald bei Berlin sah Bouché in einem sehr trockenen Sommer Kiefern, die nicht nur, wie gewöhnlich, alljährlich Ende Juli die älteren Nadeln fallen ließen, sondern auch im September zum zweitenmal schütteten. Bei dem Nachgraben fand man den Boden wie Asche. Die an tiefer liegenden Stellen befindlichen Kiefern zeigten kein zweites Abwerfen der Nadeln. Bolle bemerkte einmal, daß *Juniperus Virginiana* bei einer Höhe von 3 m die unteren Äste abgeworfen hatte und nach Wasserzufuhr diesen Übelstand nicht mehr zeigte.

Ballentrocknis.

Eine in der Praxis auch bei den Gärtnern, wenigstens soweit es sich um Kulturen im freien Lande handelt, oft wenig beachtete Erscheinung ist die der Ballentrocknis. Bei den Topfkulturen wird ihr schon seit langer Zeit meist die genügende Beachtung geschenkt, weil es allgemein bekannt ist, daß humose Erden, und um solche handelt es sich ja bei den Topfkulturen meist, schwer wieder zu befeuchten sind, wenn sie einen gewissen Grad von Trockenheit erreicht haben, ja, daß von manchen Erden, namentlich Heide- und Torferden, die Ballen tage-, wochen-, selbst monatelang im Wasser liegen können, ehe sie bis in das Innere durchfeuchtet werden. Durch einfache Bewässerung kann man solche Ballen naturgemäß nie wieder durchnässen.

Die Schäden, die sich an ballentrockenen Topfpflanzen zeigen, sind mannigfaltig; besonders häufig tritt starker Blattfall (S. 276), Abwerfen von Blüten und Knospen, Vergilbung der Blätter, Dünnästigkeit usw. ein als Folge der großen Feuchtigkeitsschwankungen und Differenzen im Topf. Das Innere ist stets ganz trocken; das Gießwasser sucht sich bestimmte Bahnen und benetzt da gewisse Wurzeln, die bei der relativ geringen Menge des festgehaltenen Wassers natürlich bald mit dem Vorrat zu Ende sind und wieder Mangel leiden. Besonders schlimm werden die Erscheinungen, wenn die im ersten Kapitel (S. 190) geschilderte Zersetzung des Humus und der Verlust der Struktur des Bodens der Ballentrockenheit vorausgegangen sind.

Neben vielen Myrtaceen, Leguminosen, Proteaceen, Rutaceen und anderen Familien, aus denen Vertreter in Südafrika und in Australien („Neuholländer", der Gärtner) leben, zeigt sich eine starke Empfindlichkeit des Wurzelkörpers gegen Trockenheit bei der Kultur der zahlreichen Arten und Varietäten aus den Gattungen *Erica*, *Azalea* (A. Bier, Erf. Führer, XXI, S. 290) und anderen Ericaceen. Genannte Pflanzen vertragen bekanntlich überhaupt kein vollständiges Austrocknen des Wurzelballens. Während andere Pflanzen einen Wassermangel bis zum oftmaligen Welken ohne jede bemerkbare Schädigung an sich vorübergehen lassen und nach Wasserzufuhr weiter wachsen, scheinen die einmal gänzlich trocken gewordenen feinen Wurzeläste der Ericaceen ihre Funktion nicht mehr aufnehmen zu können. Sorauer untersuchte in einem Falle die Wurzeln einer ballentrocken gewesenen und nachher 24 Stunden in Wasser untergetauchten *Erica gracilis* und fand die feinen Wurzelenden trotz des Aufenthaltes im Wasser noch geschrumpft. Der Charakter der meisten Ericaceen als Moor- und Heidepflanzen kommt darin zum Vorschein, daß sie (mit Ausnahme einzelner Arten) in einem reichlich bewässerten, leicht durchlüftbaren Boden am besten gedeihen. Auf Ballentrocknis antworten die Ericaceen, wie auch viele andere Pflanzen mit Blatt- oder auch Zweigabwurf.

Mindestens ebenso häufig wie bei den Topfkulturen ist die Ballentrockenheit im freien Lande zu finden. Besonders sind es Pflanzen, in erster Linie Gehölze mit einem Baumschulballen, dichtverzweigtem Wurzelwerk, die darunter leiden, und diese natürlich auch dann am stärksten, wenn sie in humosem Boden, also in einem schwer wieder zu durchfeuchtenden stehen. Neben Rhododendron-Arten, also Ericaceen, sind es besonders Koniferen und unter diesen wieder die Lebensbäume, *Thuja*, *Chamaecyparis*, aber auch *Picea*-Arten usw., deren Ballen in trockenen Jahren ohne künstliche Bewässerung oft derartig austrocknen, daß von selbst keine Befeuchtung des Innern wieder erfolgt. Auch bei manchen dichtwurzeligen Laubhölzern ist die Ballentrockenheit häufiger zu finden, so z. B. bei Pflaumen, dann auch namentlich bei dichten Sträuchern usw. Gräbt man solche Gehölze an oder aus, so findet man den Boden unter ihren Wurzeln dauernd pulverförmig trocken oder hart. Von Graebner u. a. angestellte Versuche haben gezeigt, daß es mitunter gar nicht möglich ist, durch einfache oberflächliche Bewässerung, auch innerhalb eines Gießkranzes, die Wiederdurchfeuchtung zu erzielen. Das oft deutliche Welken der betreffenden Pflanze an heißen, trockenen Tagen konnte zwar zeitweilig durch reichliche Wassergaben auf den Boden aufgehoben werden, wenige Tage darauf trat es aber wieder ein. Am auffälligsten wird die Ballentrockenheit oft dann, wenn das betreffende Gehölz in schweren Boden gepflanzt wurde und das Pflanzloch vom ungefähren Umfange des Wurzelballens mit Humuserde gefüllt wurde. Die Wurzeln bilden dann einen fest geschlossenen Wurzelballen innerhalb des ehemaligen Pflanzloches.

Auch im freien Lande sind der Störungen, die durch Ballentrockenheit hervorgerufen werden, mancherlei; am deutlichsten ist meist die Gelbfärbung des Laubes, die Kleinblättrigkeit, Kurzzweigigkeit und überhaupt eine schlechte, dünne Belaubung. Im Frühjahr treiben die ballentrockenen Pflanzen, wenn auch vielleicht etwas schwächlich, so doch im allgemeinen scheinbar gesund aus, weil der Boden und damit der Rand des Ballens von der Winterfeuchtigkeit benetzt ist, die äußeren Wurzeln arbeiten normal. Mit Eintritt der sommerlichen Trockenheit zeigen sich aber die Störungen, die mit andauernder Trockenheit noch zunehmen. Mehrere der vorher beschriebenen Erscheinungen des Wassermangels zeigen sich dann auch oft alljährlich wiederkehrend bei ballentrockenen Gehölzen: so Vertrocknen, Verfärbung, Blattfall, Absprünge usw.; die im folgenden geschilderten Krankheiten, besonders die Notreife (Stippflecke, Sparwasser und Kaiser, P., Erf. Führer, XXI, S. 117, 144), der Blütendrang und auch die Rindentrocknis ergeben sich oft als Folgen einer mehrere Jahre dauernden Ballentrockenheit.

Ganz außerordentlich verbreitet ist die Ballentrockenheit bei den Straßenbäumen in den Städten. Das Pflaster führt die Hauptmenge des Regens ab, und dem Boden kommt sehr wenig zugute. Außer allen möglichen anderen Schädigungen (vgl. z. B. S. 139ff., Leuchtgas usw.) leidet der Baum an Wassermangel. Die durch all diese Dinge entstehende lichte Krone mit verlängerten Ästen und abgestorbenen Seitenzweigen wird von den Gärtnern oft durch Absägen oder völliges Stutzen der Äste zu beseitigen gesucht, statt durch reichliche Bewässerung dem Übel wenigstens etwas zu steuern. Durch das Absägen wird zwar bei manchen Bäumen (Rüstern, Platanen usw.) für einige Jahre für den Sommer eine dichte Krone erzeugt, aber in den sechs laublosen Monaten ist der Anblick der Besentracht sehr

unschön, und die Ballentrockenheit mit ihren Schädigungen wird nicht behoben, die schlechte Beblätterung fängt bei der Vergrößerung der Krone natürlich wieder an.

Notreife.

In Jahren mit anhaltender Trockenheit, besonders aber, wenn die Bäume schon vom Vorjahre her mehr oder weniger ballentrocken waren, treten äußerst häufig Klagen auf, daß das Kernobst nicht haltbar sei. Das Sommerobst ist zwar schneller reif und kann 8—14 Tage früher auf den Markt gebracht werden, aber der Geschmack läßt zu wünschen übrig. Das Winterobst bleibt in der Regel kleiner, ist weniger saftig, und aromatisch und geht schneller in Fäulnis über.

Das Verhalten findet seine Erklärung durch Erwägung des Umstandes, daß Güte und Haltbarkeit der Früchte von zwei Faktoren abhängig sind. Zunächst muß jede Frucht eine genügende Zeit zur Einwanderung des zu ihrer Ausbildung nötigen Wassers und Nährstoffmaterials haben, was in die Zeit der Schwellungsperiode fällt. Allmählich stellen sich dann die Oxydationsvorgänge des Reifeprozesses ein, bei welchen das bisher in Form und Stärke gespeicherte Reservematerial veratmet wird. Je länger die Frucht Zeit hat, das aus den Blättern einwandernde Material zu speichern, desto reichlicher ist sie für die Reifevorgänge ausgestattet, und desto langlebiger ist sie. Wird dieser Füllungsprozeß durch die Trockenheit vorzeitig unterbrochen, so finden die Reifungsprozesse der Umwandlung von Stärke in Zucker verhältnismäßig wenig Material vor. Bei normaler, d. h. abwechselnd Sonnenschein und Regen bietender Sommerwitterung nimmt auch die Frucht während des Reifevorganges außer Wasser noch Mineralbestandteile auf, wie Pfeiffer und Sorauer festgestellt haben. Es findet bis kurz vor der Vollreife eine absolute Zunahme an Mineralstoffen statt; relativ erscheint dieselbe bei der größeren Zunahme an organischer Substanz natürlich kleiner. Bei ständigem Wassermangel unterbleibt diese Zufuhr, und die Früchte veratmen nun schnell das spärliche Material. Der Säurevorrat ist gering und die Zuckerbildung spärlicher; daher der fade Geschmack und die geringere Haltbarkeit.

Bei dem Winterobst vollziehen sich die Reifevorgänge erst auf dem Lager. Es gelten aber sonst dieselben Gesichtspunkte. War die Witterung während des Sommers für die Einwanderung reicher Reservestoffmengen günstig, so geht die Frucht wohlvorbereitet auf das Winterlager und erhält sich lange gesund. Bei geringer Menge von Reservestoffen lebt sie sich eben schnell aus und geht dann sehr bald dem Verfall entgegen. Das Protoplasma der erschöpften Zellen stirbt ab, und in den Zellen beginnt ein Gärungsprozeß; sie bekommen einen weinig-teigigen Geschmack, wie er bei frühreifendem, nicht haltbarem Obst bekanntlich sehr frühzeitig und öfter schon am Baum eintritt[1]). Das normale Teigigwerden (vgl. auch bei Mehligwerden) ist ein Alterstod ohne Einwirkung schädlicher Einflüsse oder Bakterien; es entstehen dabei Alkohole, Milchsäure, Ester usw. Die Menge der abgeschiedenen Kohlensäure nimmt im Verhältnis der toten Zellen ab, doch wird auch nach dem vollständigen Absterben noch eine Zeitlang Kohlensäure produziert (postmortale Atmung). Bei frühreifem Obst tritt eben dieser Vorgang entsprechend früher ein, daher das früh-

[1]) Osterwalder, Das Teigigwerden der Birnen. Arb. Schweiz. Versuchsanst. Wädenswil in Schweiz. Landw. Jahrb. 1908.

zeitige Verderben der Früchte auf dem Lager. Öfter findet auch das Teigigwerden nicht in der normalen Weise vom Kernhaus aus statt (vgl. auch die Wollstreifen im Apfel bei Nährstoffüberschuß), sondern geht in zerstreuten Flecken im Fleisch vor sich (vgl. auch die Stippflecke).

In Jahren, in denen nach einer langen Trockenperiode eine anhaltend kühle, trübe Zeit eintritt, fängt das Winterobst, nachdem es in seinem Wachstum durch die Trockenheit einen langen Stillstand erlitten, von neuem zu wachsen und Material zu speichern an. Wenn es im Herbst geerntet werden muß, geht es verhältnismäßig unreifer auf das Lager und braucht nun länger Zeit, um reif zu werden. Das sind nachher die (im ganzen selteneren) Fälle, in denen die Früchte unverhältnismäßig lange auf dem Lager liegen müssen und nicht mürbe werden wollen, sondern zähfleischig verbleiben.

Der Einfluß langanhaltender Dürre bei den Kartoffeln kommt nicht so sehr bei dem Ansatz der Knollen als bei deren Ausbildung zur Geltung. Die Knollen bleiben klein und werden notreif. In der Regel kommt die Notreife bei den Frühkartoffeln wirtschaftlich weniger in Betracht, weil diese ihrer Natur nach auf eine kürzere Vegetationsperiode eingerichtet sind, und weil sie zweitens schnell konsumiert werden. Nur die Notreife der Spätkartoffeln ist verhängnisvoll, weil die Füllung des Knollenkörpers mit Stärke mangelhaft und dadurch die Haltbarkeit der Knolle sehr beeinträchtigt wird.

Als eine Erscheinung der Notreife ist die mehrere Wochen vor der normalen Reifezeit eintretende fuchsig-rote Verfärbung der Pflaumen zu nennen; die Früchte sind dabei noch vollständig hart und durchschnittlich halb so groß wie die normal ausgereiften. In der Regel fallen die fuchsigen Pflaumen vorzeitig ab. Die Erscheinung tritt nur in andauernd heißen, trockenen Perioden auf und zeigt sich namentlich auf Sandböden. Die bei den einzelnen Sorten zu verschiedenen Zeiten eintretende Verfärbung erinnert an die vorzeitige Annahme der Reifefärbung madiger oder sonstig verletzter Früchte des Kernobstes. Auch bei dem Fuchsigwerden der Pflaumen ist zu betonen, daß nicht der trockene Standort an sich die Ursache ist, sondern eine intensive Wasserarmut des Bodens nach vorangegangener Periode mit normalen reichlichen Niederschlägen. Bäume, welche beständig nur knappe Wasserzufuhr erhalten, passen sich der geringen Feuchtigkeit dadurch an, daß sie die Früchte, welche sie nicht ernähren können, kurz nach der Blüte abwerfen. Nur bei den Bäumen, die reichen Fruchtbehang infolge günstiger Bewässerungsverhältnisse bis zum Sommer hin behalten haben, wirkt die längere Sommertrocknis verhängnisvoll, besonders auch wieder bei teilweise oder ganz ballentrockenen.

Mehligwerden der Früchte.

Bei Kernobst, namentlich den frühen Sorten, zeigt sich in besonders heißen Sommern auf sandigen Böden die Erscheinung, daß das Fruchtfleisch nicht saftig und knackend, sondern mürbe, saftarm, mehr fade wie aromatisch schmeckend und bei Druck zu mehligem Brei leicht zerfallend sich darstellt. Dieselben Sorten sind in kühleren Jahren oder an anderen Standorten, ja selbst von demselben Baume bei frühzeitigerer Ernte nicht mehlig, sondern gehen von dem festen durch den schmelzenden direkt in den weinig-teigigen oder in den fauligen Zustand über.

Spezielle Untersuchungen sind über den vorliegenden Fall nicht bekannt geworden. Es kann daher nur vermutungsweise ausgesprochen werden, daß das Mehligwerden der Früchte auf einem durch Wassermangel in andere Bahnen gelenkten Akt des Reifungsprozesses beruht. Diese Ablenkung dürfte nicht mehr an den Zusammenhang der Frucht mit dem Baume gebunden sein, sondern spät im Leben der Frucht, etwa zur Zeit der allgemeinen Lösung der Interzellularsubstanz des Fruchtfleisches sich einstellen. Bei der normalen Fruchtreife tritt nach Überschreitung des Stadiums der größten Süßigkeit, bei welchem die Früchte bereits „schmelzend", d. h. die Zellen ihres Fruchtfleisches leicht voneinander trennbar sind, auf Kosten des Zuckers die Alkohol- und schließlich wohl die Essigsäuregärung ein. Die Früchte werden weinig-teigig unter stetig fortschreitender Bräunung (S. 280). Ein Teil des gebildeten Alkohols verbindet sich nach Fremy[1]) mit den Fruchtsäuren zu den Äthern, welche das Aroma der Früchte bedingen. Kühle Temperatur verhindert das schnelle Verbrennen des Zuckers. Die mit der Reife gering werdende Wasserzufuhr zur Frucht aus dem Zweige erklärt, daß bei großer Sommerhitze die Frucht sich außerordentlich schnell auslebt und dabei stark Kohlensäure und Wasser abgibt. In dem wasserärmeren, hochdurchwärmten Fruchtfleische dürfte aber die Lösung der Interzellularsubstanz, die wir zu den Pektinen rechnen, nicht in der gewöhnlichen Weise stattfinden. A. Mayer[2]) faßt die Pektine als Kondensationsprodukte von Galaktose und der Pentose Arabinose auf und macht auf die Eigentümlichkeit aufmerksam, daß sie durch ein besonderes Enzym gelatinieren und durch ein anderes zu obigen Pentosen hydralisiert werden. Man darf wohl annehmen, daß diese Prozesse quantitativ oder qualitativ bei dem Mehligwerden der Frucht verändert werden. Es deutet darauf der Umstand, daß bei der mehligen Frucht stets ein fester Zusammenhang zwischen Oberhaut und Fruchtfleisch vorhanden ist, während bei dem normalen weinig-teigigen Zustande die Oberhaut vom Fruchtfleisch sich leicht abheben läßt, also die Interzellularsubstanz sich löst. Der fade Geschmack der mehligen Frucht erklärt sich durch geringen Säuregehalt und schnelles Veratmen des Zuckers.

Zur Begründung der Ansicht, daß Wärmeüberschuß mit Wassermangel einen relativen Mangel an organischen Säuren in einer Frucht veranlassen kann, muß an die Tatsache erinnert werden, daß in den Blättern die nächtlich gebildeten Säuren am folgenden Tage großenteils wieder veratmet werden. Dieser Verbrennungsprozeß dürfte auch in der grünen Frucht stattfinden, und es ist wohl denkbar, daß derselbe in den langen, heißen Sommertagen so intensiv ist, daß ein großer Teil der entstandenen Säuren verschwindet. Unter solchen Umständen kommt die weinige Gärung gar nicht zustande.

Für die Anschauung, daß das Mehligwerden der Früchte bei Wasserarmut der Zellen unter breiartigem Zerfall der Interzellularsubstanz eintritt, wenn die Bedingungen für eine weinige Gärung nicht gegeben sind, spricht der Umstand, daß Sorauer künstlich an Äpfeln den Vorgang hervorzurufen vermochte. Es wurden Früchte verschiedener Sorten nach normaler Baumreife in trockenen Sand eingeschichtet und vom Herbst bis zum nächsten Sommer in einem kühlen, hellen Keller aufbewahrt,

[1]) Compt. rend. LVIII, S. 656.

[2]) Agrikulturchemie 5. Aufl., Bd. I, S. 141. Heidelberg 1901.

um das Ausleben der Frucht möglichst langsam eintreten zu lassen. Dabei zeigte sich, daß einzelne Früchte mit vollkommen unverletzter Wachsglasur im August noch gesund, aber vollständig fade im Geschmack und von mehliger Beschaffenheit waren.

Glasigwerden der Äpfel.

Ebenfalls auf lokale Leitungsstörung durch zeitweiligen Mangel an Saftzufuhr dürfte die Erscheinung zurückzuführen sein, daß einzelne Früchte eines Baumes teilweise oder gänzlich hart bleiben und glasig durchscheinend werden, minder gefärbt und im Geschmack fade sich ausbilden.

Bei der Untersuchung einer nur teilweise glasigen Apfelfrucht sah Sorauer im Längsschnitt, daß die Rindenpartie am intensivsten glasig war, und daß im Innern der Frucht das weiße, normale Fleisch von der Basis bis ziemlich zur Kelchhöhle hinaufstieg. Die glasige Mantelzone war hier und da weißlich marmoriert von eingesprengten Gruppen normalen Fleisches. Die Samen waren meist verkümmert, unreif und noch weiß. Der gesunde Teil besaß reichlich Stärke und stark luftführende Interzellularen. Letztere waren im glasigen Teile luftärmer, und Stärke fehlte gänzlich mit Ausnahme einzelner eingesprengter Zellgruppen. Der glasige Teil wurde an der Luft schneller braun; neben reichlichem Traubenzucker war etwas Dextrin nachweisbar. An Trockensubstanz ergab:

	gesunde Hälfte	glasige Hälfte
mit Schale	21,48 %	19,43 %
ohne Schale	20,24 %	17,97 %

Aderhold[1]) fand:

	gesundes Fruchtfleisch	glasiges Fruchtfleisch
spezifisches Gewicht	0,718	0,925
Trockensubstanz in Prozenten des Frischgewichtes	14,44 %	12,60 %
Asche in Prozenten der Trockensubstanz	2,093 %	1,76 %
in 100 ccm Saft an Apfelsäure	0,92 g	0,53 g

Die neuesten Bestimmungen rühren von Behrens[2]) her. Er fand in 100 ccm von

	Wasser	Invertzucker	Säure
Preßsaft des normalen Apfels	87,38 g	5,05 g	0,56
Preßsaft des teilweise glasigen Apfels	88,06 ,,	4,40 ,,	0,47

In Übereinstimmung mit Sorauers Angaben zeigen die vorstehenden Zahlen, daß das glasige Apfelfleisch bedeutend ärmer an Säure, Trockensubstanz und Asche ist. Dadurch, daß die Interzellularräume des glasigen Teiles mit Wasser gefüllt und die Zellen kleiner sind, erklärt sich das glasige Aussehen und die geringere Ausdehnung desselben.

Praktische Züchter wollen beobachtet haben, daß die folgenden Sorten besonders zur Erzeugung glasiger Früchte neigen: Züricher Transparentapfel, Gloria mundi, weißer Astrachan und Virginischer Sommer-Rosenapfel. Im ersten Jahre ihrer Fruchtbarkeit wären durchschnittlich die Bäumchen eher zur Produktion solcher Früchte veranlagt als in späteren Jahren.

---

[1]) Aderhold, R., Notizen über einige im vorigen Sommer beobachtete Pflanzenkrankheiten. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. V, 1895, S. 8.

[2]) Behrens, J., Bericht d. Großh. Bad. Landes-Versuchsanstalt Augustenberg i. J. 1904, S. 53. Karlsruhe 1905.

Das Steinigwerden der Birnen und die Lithiasis.

Es ist eine häufig zu beobachtende Tatsache, daß Birnen auf magerem Boden in trockenen Jahren ein festes Fleisch behalten und beim Genuß durch die außerordentliche Menge steiniger Körnchen zwischen den Zähnen knirschen. In feuchten Jahren sind dieselben Birnensorten weichfleischig, und von den Steinen ist wenig zu bemerken, so daß auch die Praktiker der Ansicht sind, daß die Bildung der Steine in den Birnen die direkte Folge großer Trockenheit ist.

Die Untersuchung jugendlicher Früchte zeigt, daß bei jeder Birnensorte in normaler Entwicklung stets Nester von derbwandigeren, sklerenchymatischen Zellen in ungleicher Verteilung sich vorfinden. Diese Steinzellen sind sogar ein unterscheidendes, anatomisches Merkmal zwischen Birne und Apfel[1]). Es ist also nicht das Auftreten der Steinzellen, sondern nur die stärkere Wandverdickung der stets vorhandenen, aber in manchen Sorten relativ schwachwandig bleibenden Elemente, welche durch die Trockenheit bedingt ist. Dazu kommt, daß ihr Zusammenhang mit dem umgebenden, in trockenen Jahren zäheren Gewebe des Fruchtfleisches fester bleibt.

Während bei dem sogenannten Steinigwerden der Birnen es sich nur um die gesteigerte Wandverdickung[2]) der normal angelegten Sklerenchymzellennester handelt, also nicht um eine Vermehrung der Elemente, sehen wir bei der Lithiasis eine durch Zellvermehrung nachträglich zustande kommende Anhäufung von Steinzellelementen. Diese treten auch schließlich über die Oberfläche der Frucht hervor und bilden dann entweder gleichmäßig verteilte oder auf der Sonnenseite gehäufte hell-

---

[1]) Turpin, Mémoire sur la différence qu'offrent les tissus cellulaires de la pomme et de la poire etc. Paris. Compt. rend. 1838, I, S. 711ff.

[2]) Der Stoff, aus welchem die schichtig verdickten Wände der Steinzellen bestehen, hat von Erdmann[1]) den Namen Glykodrupose erhalten. Der Name wurde deshalb gegeben, weil der Forscher glaubte, daß die chemische Zusammensetzung dieser Zellen die gleiche wie in dem Gewebe ist, das den Stein der Pflaumen und Kirschen (*Drupaceen*) bildet. Die durch mäßig konzentrierte Salzsäure zerlegte Substanz ergab zur Hälfte des Gewichtes Traubenzucker in Lösung; die ungelöst zurückbleibende Hälfte führt nun den Namen Drupose; diese hinterläßt bei dem Kochen mit Salpetersäure und Auswaschen mit Wasser, Ammoniak und Alkohol eine gelblichweiße Zellulose. Erdmann schließt aus seinen Untersuchungen, daß die Substanz der Steinzellen aus einem Kohlenhydrat entstanden sei, und zwar durch Austritt von Wasser und Sauerstoff aus Stärke oder Gummi, während bei dem normalen Reifungsprozeß zur Bildung des Zuckers Wasser aufgenommen werden muß.

Der Ansicht, daß Zucker- und Zellulosebildung miteinander in innigem Zusammenhange stehen, gibt de Vries (Wachstumsgeschichte der Zuckerrübe, in den Landw. Jahrb. 1 79, S. 438) Ausdruck. Er sagt, daß man ganz gewöhnlich in denjenigen jungen Zellen eine Anhäufung von Traubenzucker findet, welche später ihre Wand stark verdicken. Beispielsweise sind die Bastfasern des Klees sowohl wie die Fasern der inneren Strangscheide der Gefäßbündel, die im ausgewachsenen Zustande sehr dickwandig erscheinen, in ihrem jüngeren, noch dünnwandigen Stadium reich an Traubenzucker, während das umgebende Gewebe arm oder leer an Zucker ist. Dieselben Verhältnisse fand de Vries bei den jungen Bastfasern der Kartoffelpflanze und des Maises. Selbst in den später dickwandigen Haaren findet eine Akkumulation des Zuckers vor der Wandverdickung statt, so z. B. in den Haaren der jungen Kleeblätter, in deren Blattparenchym selbst kein Zucker nachgewiesen werden konnte. Ebenso ist nach de Vries im Wurzelparenchym derselben Pflanze der Zucker nicht zu finden, während er in den jungen Wurzelhaaren reichlich auftritt. Bekannt ist die durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure nach Erhitzung mögliche Überführung der Zellulose in Dextrin und Zucker. Man vergleiche auch die neueren Untersuchungen über die Hemizellulosen: Mannan, Galactan und Araban.

---

[1]) Liebigs Annalen CXXXVII, S. 101; vgl. Jahresbericht f. Agrikulturchemie 1866, S. 99.

braune, kreisrunde Flecke oder durch Verschmelzung landkartenartige Zeichnungen (Abb. 60), deren Oberfläche krümelige Beschaffenheit zeigt. Nicht selten leiden dieselben Birnsorten auch an *Fusicladium* (s. II. Bd.); jedoch lassen sich die Lithiasisflecke leicht durch ihre krümelige Beschaffenheit und die aufgeworfenen Wundränder von den glatten, meist geschwärzten Pilzflecken unterscheiden.

Soweit bis jetzt die Beobachtungen reichen, leiden nur einzelne Sorten an Lithiasis, und zwar bilden manche vorherrschend rundliche Flecke, während bei anderen hauptsächlich zickzackartige klaffende Risse entstehen. Nicht immer sind die Steinnester vertieft; manchmal treten sie als schwach korkfarbige Polster über die Oberfläche hervor.



Abb. 60. Birne an Lithiasis erkrankt. (Orig. Sorauer.)

An den gesunden Stellen der steinkranken Birne ist ein ganz normaler Bau zu finden, d. h. unterhalb der schmalzelligen, nicht sehr dickwandigen, farblosen Epidermis (Abb. 61) liegen drei bis vier Schichten meist tangential gestreckter oder kubischer Parenchymzellen (*p*), die plasmareicher als die tieferliegenden Gewebe sind und Chlorophyll, aber keine Stärke führen. Die Stärke findet sich erst in dem Innenfleische allmählich ein, und ihre Körner pflegen an Größe nach dem Samengehäuse hin zuzunehmen. Unterhalb der äußeren chlorophyllreichen Zellagen beginnt die Einlagerung der Steinzellennester (*st*), die im normalen Fleisch wenigzellige Gruppen bilden und bei den derbfleischigen Früchten nur durch kleine Zwischenfelder von zartem Parenchym (*zp*) geschieden sind. Von der Peripherie nach dem Innern der Frucht fortschreitend, werden die Steinzellengruppen spärlicher, und das umgebende Parenchym nimmt eine sternförmige Anordnung an.

In den ersten Stadien der Erkrankung findet man bei den stets noch grünen und harten Früchten, daß unterhalb der unverletzten und farblosen Epidermis einzelne Zellen keine Chlorophyllkörper besitzen, sondern einen braunen, stark lichtbrechenden, klumpig zusammengeballten Inhalt haben. Allmählich vermehrt sich die Zahl dieser gebräunten Zellen, und nun bricht die Oberhaut auf. Unter der aufgebrochenen Stelle, die sich durch Zusammentrocknen und krümeligen Zerfall der Gewebe zunächst zu einer Grube (*gr*) vertieft, findet man auch mitten im Fruchtfleisch braunwandiges absterbendes Gewebe (*br*), das später bisweilen zerreißt und Lücken bildet. Mitunter in diesen Lücken, stets aber in den offenen peripherischen Gruben (*gr*) ist farbloses schlankes Myzel zu finden, das eine nachträgliche Einwanderung darstellt und den Gewebezerfall beschleunigen dürfte.

Die auffälligste Erscheinung besteht nun darin, daß nach Entstehung der Grube das dieselbe veranlassende Absterben des Fruchtfleisches auf-

hört und sich nun geschlossene Massen neugebildeter, sklerenchymatischer Elemente in fächerförmiger Anordnung polsterartig vorzuwölben beginnen (*f*). Diese Kissen aus Steinzellen treiben das abgestorbene Rindengewebe (*t*) vor sich her und stoßen dasselbe ab.

Die einzelnen Elemente der Steinzellenpolster sind im Querschnitt quadratisch oder quer rechteckig und liegen nahezu lückenlos aneinander;

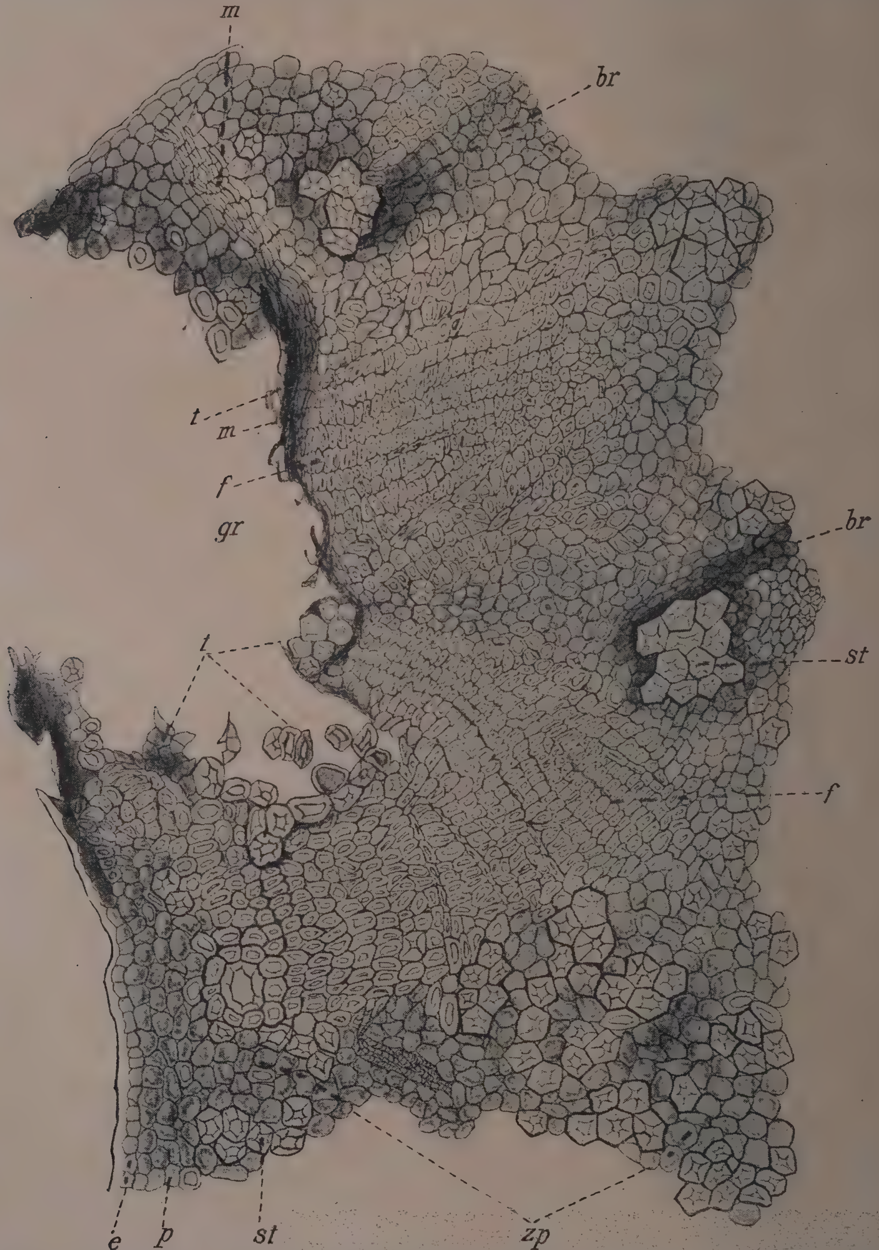


Abb. 61. Querschnitt eines Steinzellenpolsters bei einer an Lithiasis erkrankten Birne. (Orig. Sorauer.) Erklärung im Text.

sie färben sich schon in früher Jugend durch Anilin. sulf. leuchtend gelb und lösen sich auch im spätesten Alter leicht in Schwefelsäure, ohne daß eine Ausscheidung von Gipskristallen beobachtet werden konnte. Während die normalen Steinzellennester bei Einwirkung von Chlorzinkjod größtenteils gelb bleiben, färben sich die Elemente der nachgewachsenen Sklerenchympolster nach einiger Zeit entweder gänzlich oder doch in den innersten Membranlamellen blau.

Das Wachstum dieser Sklerenchympolster erfolgt durch eine Meristemschicht (*m*), die sich unterhalb der abgestorbenen Rindenlagen bildet und zunächst aussieht, als ob sie zu einer den Krankheitsherd abschließenden Tafelkorklage werden wollte, wie dies bei den Fusicladiumpolstern zu beobachten ist. Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern die Meristemlage bleibt, solange die Frucht noch grün und krautartig ist, in Tätigkeit. Nach außenhin bildet sie (meist spärlich) neue dünnwandige Rindenzellen, die allmählich der Zerstörung durch Bakterien und Myzelpilze wiederum anheimfallen, während sie auf ihrer inneren, dem (meist samenlosen) Kernhause zugewendeten Seite die dickwandigen Elemente der Steinzellpolster vermehrt.

Die fächerartige Anordnung der Zellreihen bei denselben erklärt sich durch die Gewebespannung, welche der Schwellungsprozeß der unreifen Frucht veranlaßt. Wenn dabei die Neubildung der Steinzellen stärker ist als die Ausdehnung des parenchymatischen Fruchtfleisches, dann wölben sich die Steinzellgruppen polsterartig vor. In der Regel halten aber beide Vorgänge gleichen Schritt, und dadurch, daß schließlich das pathogene Meristem abstirbt und die äußeren Steinzellen sich in ihrem Verbande lockern, entsteht die krümelige Beschaffenheit der Steinflecke.

Daß solche an der Lithiasis erkrankten Früchte ungenießbar sind, ist selbstverständlich.

Da die Erscheinung nicht bei allen Sorten zu finden ist und selbst bei denselben Sorten nicht alljährlich, sondern nur auf trockenen Böden in trockenen Jahren zu störender Entwicklung gelangt, so liegt die Vermutung nahe, daß die Veredlungsunterlage mitspricht. Schwachwüchsige Unterlagen, die einem trockenen Boden mit ihrem geringen Wurzelvermögen nur ungenügende Wassermengen für eine schnellwüchsige Krone entbehren können, werden besonders das Steinigwerden begünstigen.

Blütendrang.

Dauernde Trockenheit hat bei vielen Pflanzen zur Folge, daß der vegetative Zuwachs geschwächt, aber dafür die Anlage von Blütenknospen übermäßig gesteigert wird. Es findet durch den andauernden Wassermangel insofern eine andere Verwendung des vom Laubkörper erarbeiteten, plastischen Materials statt, als nicht genügend Wasser zur Streckung der Organe vorhanden ist[1]). Demzufolge sind die Internodien kurz und gehen schneller in den Dauerzustand über. Das plastische Material wird gleichsam konzentrierter und reichlicher in Form von Reservestoffen, wie zur Ausbildung von Blütenknospen notwendig, niedergeschlagen.

Es ist bei den Gärtnern ein bekannter Kunstgriff, der namentlich bei Rosen zur Anwendung gelangt, daß man die Sträucher, die zum Treiben im Frühjahr bestimmt sind, schon im Vorjahre in Töpfe pflanzt

[1]) Vgl. Tubeuf, Zeitschr. Forst- u. Landw. XVIII, S. 228 (Absterben von Rüsternästen durch Blütendrang).

und diese schon im August verhältnismäßig sehr trocken hält; die Triebe sind dann kurz, aber die Augen derselben sehr kräftig. Man weiß ferner, daß Kakteen bei üppiger Ernährung stark wachsen, aber schlecht blühen, und ein erfolgreiches Hilfsmittel bei Liebhabern besteht darin, daß man die Pflanzen im Herbste in den Töpfen im warmen Zimmer bis zum Schrumpfen austrocknen läßt oder sie gar aus dem Boden herausreißt und nach dem Welken später wieder einpflanzt. Die geschrumpften Exemplare bilden in der nächsten Vegetationsperiode meist reichlich Blüten. Bouché[1]) gibt an, daß *Coreopsis aristosa* im ersten Jahre nach der Einführung aus Amerika so spät blühte, daß keine Samen reif wurden. Bei Topfkultur und schwacher Nährstoffzufuhr hat sich die Pflanze derart akkommodiert, daß sie jetzt im Juli reife Samen bringt.

An jungen Fichten bilden sich im Jahre nach dem Verpflanzen nicht selten zahlreiche Zapfen, ja selbst der Terminaltrieb verwandelt sich oft in ein weibliches Blütenkätzchen[2]) bzw. einen Zapfen, und auch bei anderen verpflanzten Gehölzen macht sich im Jahre nach dem Verpflanzen der Blütendrang des ersten Jahres bemerkbar. Gerade in diesem Falle ist die ganze Erscheinung in ihren Ursachen am besten zu studieren.

Jedes frisch gepflanzte Gewächs, dem beim Versetzen die Wurzeln gekürzt wurden, leidet naturgemäß zunächst am neuen Standorte an Wassermangel, da ja keine direkte Verbindung der Wurzeln mit dem Erdboden stattfindet, die Pflanze ist nicht „angewurzelt", und daher ist die Wasseraufnahme sehr erschwert und anfänglich nur aus dem überschüssigen Wasser des Bodens möglich. Wenn nun gar, wie bei Gehölzen, eine Verdunstung durch die Zweigrinde stattfindet, so kann der Wassermangel sehr kritische Stadien erreichen. Die Folge ist, daß der meist verspätete Austrieb schwach ist, die Blätter bleiben klein, die Stengelglieder kurz: das charakteristische Bild eines frisch gepflanzten Baumes. Allmählich aber beginnt der Wurzelkörper sich zu stärken, und bei sachgemäßer Behandlung des verpflanzten Exemplares haben während des Sommers schon so viele frische Saugwurzeln sich entwickelt, daß nicht nur für die Assimilationstätigkeit der vorhandenen Blätter genügend Wasser und Nährstoff gefördert wird, sondern oft kommt aus den Spitzenknospen noch ein zweiter kräftiger Trieb mit großen Blättern. Wegen der mangelhaften Wasserzuleitung zur Zeit des Anwachsens ist naturgemäß nur ein geringer Teil des im Vorjahre aufgespeicherten Reservematerials aus Stamm und Ästen mobilisiert worden, und so bleibt bei der Schwäche des heurigen Jahresringes und der späteren lebhaften Assimilation wenig Möglichkeit für die Ableitung der organischen Substanz. Alles das trägt zur Kräftigung der Blütenknospen für das nächste Jahr bei, die nun an allen möglichen Stellen zur Entwicklung kommen und oft äußerst groß und reichblütig werden. Bei allen Gehölzen also, die, wie die große Mehrzahl der Obstgehölze, ihre Blüten im Frühjahr entfalten, wird im zweiten Jahre nach dem Verpflanzen sich eine ungewohnte Blütenfülle entwickeln (Abb. 62), falls der Baum durch das Verfahren nicht allzusehr geschwächt worden ist, also im ersten Jahre genügend Saugwurzeln hat entwickeln können. Bei kräftig angewachsenen Bäumen kann dann im zweiten Jahre sogar ein sehr reicher Fruchtansatz erfolgen, falls genügend Wasser und

[1]) Monatsschrift d. Ver. z. Bef. d. Gartenb. 1880, S. 482.
[2]) Borggreve, Forstliche Blätter XVII 1880, S. 245.

Nahrung vorhanden ist; allerdings geschieht dies sehr auf Kosten der Wuchskraft des Baumes, der dadurch bis zur Erschöpfung gebracht werden kann.

Eine ähnliche Wirkung, ein starker Blütendrang, wird hervorgerufen durch den Wurzelschnitt stehenbleibender Bäume. In dem Jahresbericht der Gärtnerlehranstalt Dahlem für 1908/09 ist eine Reihe sehr guter



Abb. 62. Apfelkordon in Blüte, im Jahre nach dem Verpflanzen; Blütendrang. Gärtnerlehranstalt Dahlem. (Nach Echtermeyer.)

Abbildungen so behandelter blühender und fruchtbarer Zwergobstbäume gegeben (Abb. 63).

Ballentrockenheit und andere Störungen in der Wasserzufuhr werden das gleiche Bild ergeben; auch hier führt der Blütendrang zu einer starken Beschränkung des vegetativen Zuwachses und des Laubkörpers. Die mangelhafte Holzentwicklung führt zum Absterben von Zweigspitzen oder gar des ganzen Baumes. Es wird den Pflanzen durch die Entfaltung so massenhafter Blüten und eventuell durch die folgende Fruchtentwicklung so viel Material genommen, daß es der an und für sich geringe Laubkörper nicht mehr genügend im Jahre zu ersetzen vermag; dadurch bleibt zu

wenig Reservenahrung zur Anlage und Ausbildung neuer Laubknospen übrig. Schließlich geht die Pflanze zugrunde, sie „blüht sich tot“.

Jede längere Störung in der Wasserleitung, jeder das vegetative Leben zurückdrückende Vorgang kann auf die reproduktive Lebenssphäre beschleunigend wirken. So weiß man, daß kränkelnde Exemplare, nament-



Abb. 63. Spalier von Danziger Kantapfel in der Gärtnerlehranstalt Dahlem durch Wurzelschnitt zu reicher Blüte gebracht. (Nach Echtermeyer.)

lich solche, die an Wurzelerkrankungen leiden, zu erhöhter Blütenentwicklung geneigt sind. Eine die Sache sehr schön illustrierende Beobachtung hat John Scott[1]) geliefert. Derselbe sah nach dem Abhauen einer Araliacee (*Heptopleurum umbraculiferum*), daß ein benachbarter

---

[1]) John Scott, Untersuchungen über einige indische *Loranthus*-Arten und über den Parasitismus von *Santalum album*. Bot. Jahresbericht 1874, S. 994. Bot. Zeitg. 1874.

Sandelbaum (*Santalum album*), der mit seinen Haftknöllchen vielfach mit den Wurzeln obiger Nährpflanze in Verbindung gewesen, nach wenigen Monaten ganz entblättert war und drei Jahre hindurch kränkelte, aber reichlich blühte.

Dieselben Dinge sind häufig als Alterserscheinungen zu beobachten. Bei ein- und zweijährigen Gewächsen kennen wir es als normal, daß die Pflanze so lange mit der Blüten- und Fruchtbildung fortfährt, bis sie völlig erschöpft ist, bis möglichst alles leitbare plastische Material in die Samen geführt worden ist. Auch bei den mehrjährigen hapaxanthen Gewächsen (selbst bei den vieljährigen, *Agave*, Bambusen usw.) tritt dasselbe ein. Als Übergang zu den scheinbar unbeschränkt lebenden gibt es eine große Anzahl kurzlebiger ausdauernder Arten. So weist Correns[1]) nach, daß manche *Cerastium*-Arten ausdauern, aber nach wenigen Jahren reichlich Blüten und Früchte, aber keine Ersatzsprossen erzeugen und dann absterben. Viele Sträucher, wie *Calluna*, *Daphne mezereum*, leben ein bis wenige Jahrzehnte, verringern dann allmählich ihren vegetativen Zuwachs, blühen dafür immer reicher, bis sie schließlich an Erschöpfung zugrunde gehen, indem sie entweder im letzten Jahre äußerst reich blühen oder dann schon so geschwächt sind, daß sie wenige Blätter und schließlich auch nur wenige Blüten noch hervorbringen (*Calluna* u. a.). (Vgl. S. 49.)

Oben wurde für die Rosen, Kakteen und durch den Wurzelschnitt der Blütendrang bereits als gärtnerisches Kulturhilfsmittel erwähnt. Auch bei einer großen Anzahl anderer Ziergewächse, namentlich bei solchen, die zur Blütentreiberei Verwendung finden, wird zur Zeit der Erzeugung den Blütenanlagen eine Durstperiode eingeschaltet, so bei Flieder, *Deutzia* usw., ebenso bei der Kultur von Zwiebelgewächsen, Orchideen und vielen anderen. Ein sehr lehrreiches Beispiel aber dafür, daß die vegetative Entwicklung durch eine Durstperiode absichtlich geschädigt wird, gibt das Verfahren der zum Zwecke der Blütentreiberei vorkultivierten Kamelien[2]). S. 268 ist bereits darauf hingewiesen, daß bei der Erweckung des Triebes in ungünstiger Jahreszeit die Blütenknospen durch den Laubtrieb zur Seite gedrängt werden, verhungern und abfallen. Um das zu verhüten, wird zu der Zeit, wenn der frische Trieb der Kamelien die Laubblätter voll entfaltet hat, eine Trockenperiode in die Kultur eingefügt. Um diese Zeit beginnt das Hochblatt, in dessen Achsel die junge Knospe entsteht, etwas abzuklappen und normalerweise auch die daneben stehende Blattknospe sich zu stärken und zu verlängern. Durch die Durstperiode, die natürlich nicht zum Welken führen darf, wird aber die Blütenknospe stark gefördert, sie schwillt zu einer dicken Kugel an, die Laubknospe wird aber zurückgehalten; statt zu einem schlanken, spitzen Kegel entwickelt sie sich nur zu einem kurz-dreieckigen Gebilde, welches beim Antreiben nicht zur Blatterzeugung kommt, sondern, wenn die Blütenknospe sich zur Blüte entfaltet hat, meist völlig fehlschlägt und vertrocknet. Die Folge ist, daß getriebene Kamelien an den Zweigspitzen, an denen Blüten saßen, meist überhaupt keinen Laubtrieb mehr entwickeln, sondern sich aus tieferliegenden Knospen (und auch das zumeist spärlich und schwächlich) weiter verzweigen.

---

[1]) Vgl. in Ascherson und Graebner, Synopsis der Mitteleurop. Flora. V, 1. (*Cerastium*).

[2]) Vgl. Bouché, Blumenzucht. 2. Aufl. I (1854), S. 449ff. — Siebert in Voss-Vilmorin Blumengärtnerei. 3. Aufl., Berlin, Paul Parey 1896, S. 132.

Nach Linsbauer[1]) ist durch winterliche Bodenaustrocknung eine Krankheit des Weinstockes verursacht, die in Niederösterreich als Droah (Dreher) bezeichnet wird; sie besteht darin, daß die Triebspitzen mehr oder weniger steif aufgerichtet, emporgedreht sind. Die Reben zeigen einen sehr reichlichen Blütenansatz, ohne daß jedoch Beerenbildung stattfindet. Weitere Folgen sind das Niedrigbleiben der Pflanzen, das Auftreten von gelblichen Flecken an den Blättern und schließliches Braunwerden und Absterben derselben. Durch starke Zweigbildung wird die Tracht sehr verändert.

Selbst an einzelnen Teilen kann Blütendrang auftreten, wenn der Saftauftrieb gehemmt oder besonders wenn der Abtransport des plastischen Materials gehindert wird. Das kann durch Entrindung eines Astes (oder Stammes) oder namentlich häufig durch Einschnürung geschehen. In botanischen Gärten z. B. werden oft Namenschilder an Metalldrähten aufgehängt, oder sonst werden frisch gepflanzte Bäume durch Spanndrähte verankert gegen das Losreißen der Wurzeln im Winde. Durch das Dickenwachstum werden die Drähte, wie es unten bei Wunden des Achsenorgans geschildert und abgebildet ist, gespannt und schnüren den betreffenden Zweig oder Stamm ein. Das plastische Material staut sich über die Einschnürung; in späteren Stadien wird auch durch das gehinderte Dickenwachstum der Holzkörper deformiert und die äußeren Schichten unfähig zur Wasserleitung. So tritt oben, über der Abschnürung, Blütendrang ein, der dort oft so stark werden kann, daß fast nur noch Blüten und Früchte und fast gar keine Blätter mehr vorhanden sind. Graebner beobachtete dies z. B. bei Ästen an Pappeln, Birken und Erlen.

Durch den Ringelschnitt (vgl. gleichfalls unten bei Wunden) wird der Saftaufstau bekanntlich zur Erzielung oder Erhöhung der Fruchtbarkeit der Obstbäume verwendet. Durch einen Kerbschnitt unter dem Auge kann dieses zur Bildung eines Kurztriebes (Fruchtholz) veranlaßt werden, durch einen Rindenschnitt über dem Auge kann es völlig verkümmern.

Auch von Kryptogamen behaupten bedeutende Forscher, daß Ernährungsstörungen die Sporenbildung befördern. So gibt van Tieghem[2]) an, daß bei den Mucorineen Zygosporenbildung eintritt, wenn irgendein Nährstoff fehlt oder Luft- oder Wassermangel vorhanden sind.

Daß bei der Verschiedenartigkeit der Ursachen für überreichen Blüten- und Fruchtansatz keine allgemeinen Heil- oder Vorbeugungsmittel angeführt werden können, ist selbstverständlich. Es muß in jedem Einzelfalle zunächst die Ursache gesucht werden. Da, wo sich die Pflanze als gesund erweist und etwa Ballentrockenheit die Veranlassung ist, wird man die Trockenheit allein zu beseitigen haben; ist aber der Blütendrang symptomatisch, dann wird man, wenn möglich, zur Beseitigung der Schwäche schreiten müssen. Wurzelfäulnis muß durch Umpflanzen und Zurückschneiden bekämpft werden. Wurzelarmut, wie solche z. B. bei Quitten auf trockenem Boden anzunehmen ist, wenn dieselben als Unterlage starkwüchsiger Birnensorten dienen, muß durch tieferes Pflanzen oder Erhöhung der Bodenkrume und flüssige Düngung zu verbessern gesucht

---

[1]) Linsbauer, L., Der „Droah", eine niederösterreichische Rebenkrankheit. Jahresb. Ver. f. angew. Botanik VII, S. 112ff.

[2]) van Tieghem, Observations au sujet d'un travail de M. Brefeld sur les Mucorinées et en particulier sur le Pilobolus. Bull. d. l. soc.: bot. de France XXIII, 1876, S. 35ff.

werden. Übrigens ist in neuerer Zeit mit Recht darauf aufmerksam gemacht worden, daß bei den Obstbäumen unsere ganze Kulturrichtung auf die Vermehrung der Blütenproduktion abzielt. Man denke außer an den Gebrauch der Zwergunterlagen nur noch an die Manipulation der Wurzelveredlung, der oberflächlichen Pflanzung, der Doppelveredlung usw.

Ausdünnen der Blüten ist in allen Fällen gut. Je früher man ausdünnt, desto besser; am besten ist schon die Entfernung überschüssiger Blütenknospen im Herbst, weil dann der Baum die stehengelassenen Knospen noch in dem Jahre ihrer Anlage durch das ersparte Material besser ausbildet.

Neuerdings berichtet Nordmann (Deutsche Obst- und Gemüsebau-Zeitung, LXIX [1923] S. 112) über die Wirkungen des trocknen Sommers 1921 auf die Obstgehölze im Nahegebiet im Jahre 1922. Besonders Äpfel und Birnen blühten verspätet und neigten zur Parthenocarpie.

Rindentrocknis.

Durch Ballentrockenheit, durch Austrocknung infolge von starkem Wurzelverlust, durch zu starke Verdunstung und geringe Wasserzufuhr bei frisch gepflanzten Gehölzen, durch die Senkung des Grundwasserspiegels und vieles andere wird öfter, wie zum Teil schon auseinandergesetzt wurde, ein Absterben von Ästen oder auch der ganzen Krone hervorgerufen. Die mangelnde Wasseraufnahme von seiten der Wurzel veranlaßt einen Mangel in der Ausbildung einzelner Partien der Krone. Einzelne Zweige werden kleinlaubig oder gelbblätterig mit sehr geringer Verlängerung ihres Gipfeltriebes; besser situierte Teile der Krone bleiben aber von normaler Kräftigkeit in der Entwicklung. Die kräftigen Äste erlangen immer mehr das Übergewicht und schwächen die kränkelnden Teile bis zum Absterben. Je nach dem Standorte der Bäume erweisen sich verschiedene Teile der Baumkrone als günstiger situiert und damit widerstandsfähiger. Bei freistehenden Exemplaren ist der Gipfel der Hauptherd, der Wasser an sich zieht; es tritt dann bei Wassermangel für die Wurzeln ein Abtrocknen mehr oder weniger starker Seitenäste ein. Wenn dagegen die Bäume in geschlossenem Bestande gewesen und die Krone durch die Nachbarn nur eine geringe Entwicklung erlangen konnte, wird bei der Freistellung die Verdunstung plötzlich außergewöhnlich gesteigert. Die dadurch hervorgebrachte Differenz zwischen Wasserabgabe und Zufuhr wird sich naturgemäß zunächst am meisten am Wipfel als dem am weitesten von der Wurzel entfernten und am stärksten verdunstenden Teile bemerkbar machen, und wir sehen Wipfeldürre eintreten, welche oft von Bildung zahlreicher Wasserreiser begleitet ist.

In Wäldern mit flacher Bodenkrume auf steinigem Untergrunde oder gar dichter Rohhumuslage wird daher die Austrocknung der Bodendecke besonders schädlich wirken, und eine plötzliche, gänzliche Freistellung der Bäume wird hier verhängnisvoll werden müssen, wie z. B. Graebner an der Rindentrocknis der Stämme der Lübberstedter Fichten gezeigt hat (vgl. S. 194).

Es ist übrigens, wie Nördlinger[1]) angibt, durchaus nicht jeder Baum mit dürrem Wipfel und Wasserreisern als verloren zu betrachten; vielmehr zeigt die Erfahrung, daß bei erneutem Schluß des Bestandes das

[1]) Deutsche Forstbotanik 1874, I, S. 304.

tote Holz abgestoßen wird, der Trieb nach oben wiederkehrt, sich also eine Ersatzkrone bilden kann und die Wasserreiser verkommen.

Eine starke Differenz zwischen Verdunstung und Wasserzufuhr kann auch an einzelnen Stammseiten den Rindenkörper treffen, und es ist, namentlich bei glattrindigen Bäumen, nicht allzu selten, daß die Rinde stellenweise abstirbt. Hartig[1]) beobachtete bei 40jährigen Weymouthskiefern in Braunschweig, daß in mehreren Beständen etwa 17% aller Bäume ein Vertrocknen der Rinde auf der Süd- und Westseite zeigten, wie auch die von Graebner beschriebenen Lübberstedter Fichten. Bei 1—2 m Höhe vom Boden hatte die Trocknis, welche nach Beendigung des 1876er Jahresringes eingetreten war, die größte Ausdehnung; der Sommer 1876 war sehr heiß und trocken; der Boden in den erkrankten Beständen war im Untergrund gelber Sand mit etwas Ortstein, an der Oberfläche „Moorerde" (Rohhumus), also Material, das stark ausgetrocknet wurde. Hartig meint, daß infolge der Trockenheit eine starke Luftverdünnung durch die große Verdunstung entstanden ist, welche der Abgabe von Wasser an die Rinde sehr im Wege stand. Nun wächst die Weymouthkiefer in ihrer Heimat auf Sumpfboden, auf welchem sie sich mit ihrer glatten, stark verdunstenden Rinde wohl gesund halten kann, aber nicht in dürren Sandböden.

Weitere Angaben von Nördlinger[2]) bringen auch die Entstehung von Rissen im Holze, die mit den Frostrissen große Ähnlichkeit haben, mit der Trockenheit in Zusammenhang. Schon Reum in seiner Pflanzenphysiologie (1835) behauptet, daß an Weymouthkiefern und Virginischem Sumach Risse im Sommer bisweilen unter starkem Knall entstehen können. Nördlinger beobachtete bei 25—40jährigen Fichtenstangenhölzern auf vortrefflichem Boden, aber mit zum Teil undurchlassendem Untergrunde Längsrisse an den Stämmen (wie im Wipfel), die von der Basis bis 7 m Höhe sich erstreckten. Die Risse waren nur an den üppigen Exemplaren bemerkbar und nach den Berechnungen des Verfassers in den Jahren entstanden, in welchen Austrocknung des Holzes angenommen werden konnte. Wurzelfäulnis und Wurzeltrocknis sowie Rotfäule werden die Entstehung der Trockenrisse begünstigen.

Experimentell versuchte Sorauer diesen Fall bei Pflanzensämlingen zu prüfen, die in nassem Sand im Vegetationshause erzogen und plötzlich der heißen Sonne ausgesetzt wurden. Hier vertrocknete das ganze hypocotyle Glied, und die Sämlinge verbleichten. Auch bei anderen Aussaaten kann man unter ähnlichen Verhältnissen ein solches „Schwinden der Sämlinge" wahrnehmen. Wir kommen auf diese und ähnliche Fälle noch einmal bei den durch Licht- und Wärmeüberschuß erzeugten Krankheitserscheinungen zurück, da ebensogut die erhöhte Temperatur und Lichtmenge an sich zum Absterben beitragen können, wie die übermäßige Verdunstung, welche durch die genannten beiden Faktoren eingeleitet wird.

An frisch gepflanzten Bäumen, deren Wurzeln stark beschädigt waren, und deren Stämme ungeschützt (also nicht eingerohrt oder beschattet) der vollen Sonne ausgesetzt sind, zeigt sich nicht selten das Antrocknen der Rinde an dem Stamm auf der Südseite.

[1]) Flora 1883, Nr. 14, S. 224.

[2]) Nördlinger, Trockenrisse (falsche Frostrisse) an der Fichte. Auch ein Grund der Rotfäule. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen von Hempel 1878, S. 281.

Der Honigtau (vgl. auch oben S. 15).

Nach den bisherigen Beobachtungen muß eine Krankheit hierher gezogen werden, die unter dem Namen „Honigtau" (*Melligo, Mel aëris, Ros mellis*) mehrfach[1]) beschrieben und dabei auf sehr verschiedene Ursachen zurückgeführt worden ist. Sie besteht im Auftreten eines zuckerigen Überzuges auf Blättern, Blüten und jungen Zweigen holziger und krautiger Pflanzen bald als glänzender, gleichmäßiger Firnis, bald in Form gelblicher, zäher Tropfen, meist die Oberfläche der Organe überziehend. Meyen[2]) erzählt darüber, daß eine Zeit hindurch die von Plinius ausgesprochene Ansicht Geltung gehabt, wonach der Honigtau als wirklicher aus der Luft fallender Tau anzusehen sei, der besonders in den Hundstagen auftrete und nicht bloß die Pflanzen, sondern auch die Kleider der Menschen überziehe. Dieser Ansicht widersprach J. Bauhin, der darauf aufmerksam machte, daß nur einzelne Pflanzen oder Arten in einer Gegend krank würden. Nachdem man die Abscheidung eines süßen Saftes aus dem After oder aus den Hinterleibsröhren der Blattläuse beobachtet hatte, wurden diese als die ausschließliche Ursache der Krankheit angesehen, zumal man bemerkte, daß Blattläuse und Honigtau sehr häufig gemeinschaftlich gefunden werden. Dem wurde aber zunächst entgegengestellt, daß die Blattläuse meist nur auf der Unterseite der Blätter, der Honigtau dagegen vorzugsweise auf der Oberseite auftrete; jedoch ist dies allerdings kein sehr sicherer Beweis, da die Blattläuse von der Unterseite des nächst höheren Blattes die Oberseite des darunterliegenden bespritzen können. Aber allmählich mehrten sich die Beobachtungen von Honigtau an isolierten Pflanzen im Freien und im Zimmer, an denen keine Blattläuse sich vorfanden, oder doch erst einige Zeit nachher auftraten. In dieser Beziehung interessant ist eine Beobachtung von Hartig im Jahre 1834. Ein Rosenstock, der nicht aus dem Zimmer gekommen, sonderte auf der unteren Epidermis der Blätter kleine Tröpfchen ab, aus denen der Zucker in rautenförmigen oder kubischen Kristallen sich ausschied. Dabei veränderte sich die grüne Farbe des Blattes in eine graue, was durch Verschwinden des Chlorophylls im Mesophyll der sezernierenden Stellen und durch Auftreten heller Tropfen in den Zellen bedingt wurde. Treviranus[3]) fand ebenfalls mehrfach solche zuckerige Ausscheidungen bei warmer, anhaltend trockener Luftbeschaffenheit, sowohl im Freien wie in Gewächshäusern, an Weißpappeln, Linden, Orangenbäumen, Disteln (*Carduus arctioïdes*), und führt noch ältere Beobachtungen von Lobel, Pena, Tournefort u. a. an, wonach Honigtau auf Ölbäumen, Ahornarten, Walnüssen, Weiden, Ulmen und Fichten vorkommt. Er und nach ihm Meyen haben sich überzeugt, daß die zuckerhaltigen Tropfen direkt von den Epidermiszellen ausgeschieden werden, wobei der erstere Beobachter noch hinzufügt, daß die Spaltöffnungen bei dieser Sekretion nicht beteiligt sind. Weitere Bemerkungen über Honigtau auf sehr verschiedenen Pflanzen, namentlich auf Eichen, lieferte später Gasparrini[4]).

---

1) Saccharogenesis diabetica; Unger, Exanth. p. 3. — Honning Dugen, Fabricius Kjobenh. 1774. — Le Givre bei Adanson nach Seetzen: Systematum generaliorum de morbis plantarum. Goettingae 1789.

2) Pflanzenpathologie, 1841, S. 217.

3) Physiologie der Gewächse, 1838, Bd. II, Teil 1, S. 35—37.

4) Sopra la melata o trasudamento di aspetto gommoso etc. Rec. Accad. sc. Fis. Math. Napoli 1863 vgl. Bot. Zeit. 1864, S. 324.

Der Honigtau an den Linden ist von Boussingault und bei der Traubenkirsche (*Prunus padus*) von Zöller[1]) chemisch untersucht worden. Boussingault fand dabei den zu zwei verschiedenen Zeiten gesammelten Honigtau in den Mengenverhältnissen der einzelnen Stoffe verschieden, woraus ersichtlich ist, daß das Sekret nicht immer gleiche prozentische Zusammensetzung hat. Aber auch die Natur der Stoffe scheint sich zu verändern; denn während Boussingault nur Rohrzucker (48—55%), Invertzucker (28—24%) und Dextrin (22—19%) fand, gibt Langlois im Honigtau der Linde außerdem noch Mannit als Bestandteil an. Die Resultate späterer Untersuchungen wurden von Czapek[2]) gesammelt. Es geht daraus hervor, daß bei den verschiedenen Pflanzen die Zusammensetzung des Honigtaues verschieden ist.

Eine Übereinstimmung der Ansichten über die Ursachen der Erscheinung hat sich bis jetzt nicht erzielen lassen. Während Büsgen[3]) in eingehenden Studien über das Einstechen der Blattläuse in den Pflanzenteil nachweist, daß die Tiere durch den After viel größere Mengen Honigtau ausscheiden (durch die Hinterleibsröhren wird nur ein wachsartiges Sekret geliefert), als man gewöhnlich annimmt, und daher zu dem Schlusse kommt, daß echter Honigtau nur von Pflanzenläusen herrührt, haben wir von Bonnier[4]) Versuche über künstliche Hervorrufung der Erscheinung ohne Mitwirkung von Tieren.

Büsgen sagt: „Die Eigenschaften der Cuticula gestatten weder ein Ausschwitzen von Zuckersäften aus dem Zellinnern, noch, wie Wilson annahm, ein osmotisches Heraussaugen von Flüssigkeiten durch auf der Blattfläche befindliche Zuckertröpfchen, wie solche die Blattlausexkremente darstellen.“ Dieser Ausspruch läßt aber die Umstände unberücksichtigt, daß die Cuticularglasur Sprünge bekommen kann, und daß Ausscheidungen in einzelnen Fällen doch wohl durch die Spaltöffnungen ihren Weg finden können. Beweis für letzteren Fall bieten die von Bonnier erhaltenen Resultate. Blätter, die größeren Temperaturdifferenzen ausgesetzt waren (Nadelhölzer, Eichen, Ahorn usw.), ließen bei auffallendem Lichte unter dem Mikroskop das Hervortreten von nektarähnlichen Tröpfchen aus den Spaltöffnungen direkt erkennen.

Sorauer und Graebners Beobachtungen bestätigen das Auftreten von Honigtau ohne Mitwirkung von Blattläusen[5]). In einem Falle sah Sorauer bei Wasserkulturen auf älteren Blättern von Birnensämlingen, die ungeschützt der heißen Julisonne ausgesetzt waren, reichlich Honigtaubildung. Diese Beobachtung zeigt, daß der Wassermangel im Boden nicht mitzuwirken braucht. Er nimmt deshalb an, daß dann Honigtau zustande kommt, wenn bei kräftig vegetierenden, nicht zu alten Blättern eine plötzliche, übermäßige Transpirationssteigerung bei starkem Lichtreiz sich einstellt und eine zu hohe Konzentration des Zellsaftes herbeiführt. Dauert die Störung über ein gewisses Maß hinaus fort, so leidet das Blatt dauernd und fällt vorzeitig ab. Im anderen Falle wäscht der

---

[1]) Zöller, Ökonom. Fortschr. 1872 Nr. 2, S. 39.

[2]) Czapek, Fr., Biochemie der Pflanzen. Jena. Gustav Fischer. 1905, Bd. 1, S. 408.

[3]) Büsgen, M., Der Honigtau. Biolog. Studien an Pflanzen u. Pflanzenläusen. Biologisches Centralbl. Bd. XI, Nr. 7 u. 8, 1891.

[4]) Bonnier, G., Sur la miellée des feuilles. Compt. rend. 1896, p. 335, vgl. Zeitschrift f. Pflanzenkrankh. VI, 1896, S. 347.

[5] Vgl. darüber auch Laubert, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., XXX (1920) S. 353, und Frank, Die Krankheiten der Pflanzen, S. 346f.

Regen allmählich den zuckerigen Überzug, der meist später zur Ansiedelung von Schwärzepilzen (Rußtau) führt, wieder ab. Es handelt sich bei der Entstehung des Honigtaues nicht immer um absolut hohe Wärme- und Lichtreize, sondern mehr um plötzliche, große Differenzen.

In der größten Mehrzahl der Fälle kommt Honigtau, wie schon bemerkt, in den heißen Sommerzeiten vor, nicht selten auch bei Pflanzen in der trockenen Luft der Zimmer. Für alle Fälle ist das Übereinstimmende, daß die Wurzel nicht imstande ist, das für die normale Funktion nötige Wasser zu fördern. Meist wird Ballentrockenheit oder doch starke Austrocknung des Bodens die Ursache sein, es kann aber auch Kälte des Bodens oder sonst eine mechanische Hemmung (Hohlwerden der Stämme, daher Verminderung des leitenden Holzkörpers u. a.) die Veranlassung geben; so sah Graebner eine hohle Linde, an der in mehreren Jahren nur die eine Seite, ein starker Ast, den Honigtau zeigte, bis er abbrach. Ballentrockene Bäume haben den Honigtau oft alljährlich regelmäßig im Hochsommer.

Der physiologische Vorgang ist etwa folgender: Bei der Abnahme des von der Wurzel geförderten Wassers tritt besonders bei der starken Steigerung der Hitze am Tage der Punkt ein, an dem die Wassermenge wohl genügt, die Turgeszenz der Zellen in den Blättern, die Stärkeassimilation und die Umwandlung der Stärke in Zucker zu erhalten, aber durch die starke Verdunstung wird die zuckerige Lösung zu konzentriert, es fehlt das zur Ableitung in die Zweige nötige Wasser. Der Erfolg ist ein mehr oder weniger starker Aufstau, eine Anreicherung von Zucker in den Zellen der Blätter.

Für die physiologische Beurteilung der Krankheit als einer Stoffwechselstörung erscheint es völlig gleichgültig, ob schließlich der Überschuß an Zucker, wie in vielen Fällen sicher feststeht, mechanisch von den Blättern selbst ausgeschieden wird, oder ob Läuse das Aussaugen besorgen. Im letzteren Falle wird die starke Vermehrung der Tiere eben nur dadurch möglich, daß sich in dem Zucker überreichlich Nahrung für sie in den Blättern findet. Große Ansammlungen von Läusen finden ja stets nur da statt, wo reichlich zuckerige Lösungen vorhanden sind, so an jungen, wachsenden Spitzen usw. Auch das massenhafte Auftreten der Spinnmilben im Hochsommer, besonders *Tetranychus telarius* an Linden, hängt sicher mit der starken Zuckeransammlung in den Blättern zusammen. Puchner[1]) bestätigt nach längeren Beobachtungen im Freien das Zustandekommen des Honigtaues als ,,vegetabilischen" Honigtau ohne Mitwirkung von Läusen (letzterer ,,animalischer" Honigtau). Infolge der Temperaturverhältnisse von Luft und Boden und die physiologischen Vorgänge in den Pflanzen anderseits bildet sich ein Wurzelüberdruck, der sehr wohl bis zum Austritte tropfbar flüssigen Wassers aus den oberen Pflanzenorganen führen kann.

Wahrscheinlich gehört hierher die gefürchtete Mafuta-Krankheit der Sorghum-Hirse (*Andropogon sorghum*) in Deutsch-Ostafrika. Auf Blättern und Stengeln zeigen sich honigartige Ausschwitzungen (Mafuta heißt Öl), die zur Entstehung rußartiger Überzüge Veranlassung geben[2]).

---

[1]) Puchner, Honigtau und Pilzbefall. Illustr. Landw. Zeitg. XL (1920), S. 43f., vgl. Matoreschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 29.

[2]) Busse, W., Weitere Untersuchungen über die Mafuta-Krankheit der Sorghum-Hirse. Tropenpflanzer V Nr. 8; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 82.

Die Herz- und Trockenfäule der Futter- und Zuckerrüben[1]).

Als eine dem Honigtau ihren Ursachen nach verwandte Erscheinung ist die Herzfäule der Zuckerrüben zu betrachten. Sie zeigt sich meist in der heißen Julizeit in regenlosen Perioden und äußert sich in einem Absterben der Herzblätter, wenn dieselben noch nicht ihre halbe Größe erreicht haben. Das absterbende Laub wird fast plötzlich schwarz. In schweren Fällen sieht man den gesamten Blattapparat zugrunde gehen; aber in der Regel sterben die Pflanzen nicht gänzlich, sondern treiben in der nächsten Regenperiode wieder neues Laub. Neben der Erkrankung des Blattapparates kann eine Zersetzung des Rübenkörpers sich einstellen (Trockenfäule). Derselbe bekommt in der Nähe des Kopfendes graue Flecke, die sich unter Zersetzung des Gewebes vertiefen und schließlich die Rübe zerstören können. Von großer wirtschaftlicher Bedeutung ist dabei, daß aus der Rübe ein Teil des nicht reduzierenden Zuckers verschwindet und ein anderer Teil in reduzierenden (Trauben-) Zucker umgewandelt wird[2]). Tritt rechtzeitig Regen ein, so kann durch Korkbildung das tote Gewebe abgestoßen werden.

Tritt der Heilungsprozeß nicht schnell genug ein, so daß eine lange Herbstfeuchtigkeit ihren Einfluß auf die Faulstelle ausüben kann, setzt sich der Zerstörungsprozeß der zuckerärmeren Rübe auch noch innerhalb der Mieten fort.

Die Mehrzahl der Beobachter ist geneigt, die Ursache der Erscheinung in Pilzeinwirkungen zu suchen, da man in den erkrankten Herzblättern vielfach Myzel findet[3]). Namentlich war es Frank, der die Pilztheorie verteidigte und zwei Arten: *Phoma Betae*[4]) und *Fusarium beticola* dafür verantwortlich machen wollte. Sicher ist jedoch, daß die ersten Anfänge der Herzblatterkrankung ohne Myzelpilze und Bakterien sich zeigen und die Parasiten später bei feuchter Witterung eine Fortsetzung der Gewebezerstörung veranlassen. Solange indes die Rübenpflanzen gesund sind, vermögen ihnen die Pilze nichts anzuhaben. Erst wenn die Verdunstung durch den Blattapparat sich hochgradig steigert und die Wasseraufnahme durch den Wurzelkörper eine wesentliche Beschränkung erleidet, treten disponierende Umstände für eine Pilzansiedlung ein. Krüger und Wimmer[5]) möchten die Ursache im wesentlichen in der Bodenverdichtung sehen. Auch später erklärt Krüger[6]) die Krankheit für eine physiologische.

Als ein besonderes Förderungsmittel für Eintritt der Krankheit wird von den Praktikern die Zufuhr von Kalk auch in der Form von Scheideschlamm angegeben, und wir haben nach dieser Richtung sehr instruktive Feldversuche[7]), bei denen auf gekalkten Feldern einzelne Parzellen ausgespart wurden. Die mit Kalk behandelten Äcker gaben kranke Rüben, die ungekalkten aber gesunde Ernte.

---

[1]) s. Bd. II.

[2]) Frank, A. B., Kampfbuch. 1897, S. 131.

[3]) Prillieux et Delacroix, Complément a l'étude de la maladie du coeur de la Betterave. Bull. Soc. mycologique. VII, (1891), p. 23.

[4]) syn. *Phoma sphaerosperma* Rostr., *Phoma Betae* Frank, *Phyllosticta tabifica* Prsll. et Del.

[5]) Krüger, W., u. Wimmer, G., Über Herz- und Trockenfäule der Zuckerrüben. Zeitschr. Ver. Deutsch. Zuckerind. LIX, Heft 640.

[6]) Krüger, W., Über die Ursache der Herz- und Trockenfäule der Runkelrübe. Verh. 40. Hauptvers. Verb. landw. Versuchs-Stat. i. Deutschen Reiche 1919. Landw. Vers.-Stat. XCV (1919), S. 153—156.

[7]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. V, (1895), S. 250; VI, (1896), S. 339.

Auch die Lage an sich hat sich vielfach als maßgebend für das Auftreten der Krankheit gezeigt insofern, als Ackerkuppen mit kiesigem Untergrund oder Abhänge, von denen das Wasser schnell abläuft, manchmal allein trockenfaule Rüben hervorbringen. Die einzelnen Sorten erweisen sich dabei von verschiedener Empfänglichkeit; die Vilmorin-Zuckerrübe soll besonders schnell erkranken. Sorten mit glattem, flach ausgebreitetem Laube und langen Wurzeln verdienen in gefährdeten Gegenden den Vorzug[1]).

Sehr eingehende Feldversuche hat Sasse[2]) angestellt und dabei gefunden, daß die Dampftiefkultur den Ausbruch der Trockenfäule zu verhindern imstande gewesen ist. Betreffs des Einflusses der Düngung gehen die Meinungen weit auseinander. Dies kommt unserer Meinung nach daher, daß die Wirkung desselben Dungmittels auf verschiedenen Äckern und je nach der Witterung verschieden ist. Betreffs der Trockenfäule werden diejenigen Düngungen gefährlich erscheinen, welche leichte Böden noch mehr lockern, ihre Erwärmbarkeit vermehren und ihre wasserhaltende Kraft vermindern, wie dies bei Scheideschlamm eintreten kann[3]). Dieselben Mittel sind bei schwerem Boden günstig. Am meisten streitig ist der Punkt der Kalidüngung. Es wird betont, daß eigentlich der Boden durch die Salzdüngung das Wasser besser zurückhalte, also dem Einfluß der Trockenheit größeren Widerstand leiste, und dennoch fände man nicht selten bei reicher Kainitdüngung gerade dort zuerst herzfaule Rüben.

Ein solches Ergebnis findet nach unserer Anschauung aber seine naturgemäße Erklärung: Die Kainitdüngung befördert außerordentlich die Entwicklung der Blätter, und es ist erklärlich, daß bei Eintritt einer anhaltenden Trockenperiode der umfangreiche Laubapparat dem Rübenkörper am schnellsten Wasser entzieht und eine schädliche Konzentration des Zellsaftes veranlaßt. Analysen haben gezeigt, daß bei hohem Kaligehalt in den Blättern die Trockenfäule um so stärker auftrat, je geringer im Verhältnis dazu der Gehalt an Phosphorsäure war.

Geboten sind also bei dieser Krankheit als Vorbeugungsmaßregeln die Vermeidung solcher Lagen, die schneller und starker Austrocknung ausgesetzt sind. Bei leichten Böden werden die den Boden hitzenden Materialien (Kalk, Scheideschlamm) nicht direkt zu den Rüben gegeben werden dürfen. Zu erwägen ist, ob man durch Abschneiden der älteren Blätter oder durch Beschattung mittels Überstreuen von Langstroh die Verdunstung der Pflanzen herabdrücken kann.

Die Fadenbildung der Kartoffeln (Filositas).

Die Krankheit („mules" der Franzosen) besteht in einer Verkümmerung der Augen, die in der Mehrzahl die Folge der Notreife[4]) (vgl. S. 280f.)

---

[1]) Bartoš, W., Einige Beobachtungen über die Herz- und Trockenfäule, Zeitschr. Zuckerind. Böhm. XXIII (1899), S. 323, vgl. Centralbl. f. Bakteriologie 1899, II, S. 562.

[2]) Sasse, Otto, Einige Beobachtungen aus dem praktischen Betriebe betreffs Auftretens der Herz- und Trockenfäule. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IV (1894), S. 359.

[3]) Richter, W., Über die Beziehungen des Scheideschlamms zum Auftreten der Herzfäule der Rüben. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. V (1895), S. 51.

[4]) Vgl. auch Perret, C., Dessiccation prématurée des pieds de pomme de terre. (Comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France tome VIII Nr. 32 (Paris 1922) p. 848—851.) Referat in Revue internat. de Renseignan. agricoles N.-S. No. 1 (1923) p. 245—246.

ist. Aus den schwächlichen Augen[1]) entwickeln sich schlanke, fadenartige Stengel von der Dicke eines mittleren Wollfadens. Nicht selten treiben die Augen der übrigens verhältnismäßig sehr stärkereichen Knollen überhaupt nicht aus, oder die schwachen Triebe vermögen selbst bei geringer Bodenbedeckung nicht an die Oberfläche zu kommen, und die Knollen gehen meist unter den Erscheinungen der Trockenfäule zugrunde. Die Krankheit ist bisher nur dort reichlich aufgetreten, wo leicht erhitzbare Böden große Trockenperioden zu überstehen hatten.

Abb. 64 stellt den Basalteil eines in Wasserkultur gezüchteten Stecklings von einer fadenkranken Kartoffel dar. Die Dimensionen von Stengel, Blättern und Knollen entsprechen der natürlichen Größe, und man ersieht, wie tatsächlich die Stengel nur die Dicke eines starken Wollfadens besitzen. Die Stolonen (*st*) sind auch schmächtiger und haben bereits Knöllchen (*k*) angesetzt, von denen einzelne sich an der Spitze verlängert haben und zu grünen Trieben (*b*) ausgewachsen sind oder schuppenförmige, grüne Blättchen entwickeln (*d*).

Der abgebildete Steckling stammt aus einer Versuchskultur, deren Resultate in der zweiten Auflage dieses Handbuchs in präzisen Zahlen wiedergegeben sich finden und zu dem Schlusse führen, daß wir in der Fadenkrankheit der Kartoffeln sich auch in folgender Generation erhaltende Zustände einer Art von Notreife vor uns haben. Die Mitteilungen aus den Örtlichkeiten, an denen die Krankheit aufgetreten ist, namentlich aus dem Marchfelde bei Wien[2]), über die daselbst befolgte Kulturmethode bestätigen diese Ansicht. Es werden dort nämlich die Kartoffeln, welche meist zu den frühesten Sorten gehören, möglichst zeitig ausgelegt; nachdem sie vorher noch künstlich angetrieben worden sind. Bei der steigenden Sommertemperatur und der flachen Lage in den oberen Schichten eines nur mit geringer wasserhaltender Kraft begabten, stark erhitzbaren Bodens (Sandboden auf dem Marchfelde bei Wien, Kalkboden bei Poitiers)[3]) erleidet das Wachstum der oberirdischen Achsen alsbald einen Stillstand, und die um diese Zeit angelegten, noch lange nicht ausgewachsenen Knollen füllen sich mit Stärke, so daß sie sehr zeitig auf den Markt gebracht werden können und hohe Preise erzielen. Neuere auch eigene Versuche haben gezeigt, daß die Fadenkrankheit künstlich sehr leicht aus Spätlingen oder sonst schwachaugigen Knollen erzogen werden kann. Damit stimmt auch die Angabe von Schultz[4]) überein, daß sie als Folge der Blattrollkrankheit und der Netznekrose auftritt.

Wenn die Knollen im jugendlichen Zustande durch Notreife einen Wachstumsstillstand erleiden und dann geerntet werden, so hat auch die Ausbildung ihrer Augen noch nicht die normale Größe erreicht. Die aus diesen sich entwickelnden Triebe müssen naturgemäß schwächlich sein. Wenn solche Knollen im nächsten Jahre als Saatgut zu gleicher Kultur verwendet werden, müssen sich diese Schwächeerscheinungen allmählich

---

[1]) Das gleiche kommt naturgemäß zustande, wenn infolge der Witterungseinflüsse sich im Spätsommer nachträglich kleine Kartoffeln entwickeln, die nicht ausreifen (vgl. z. B. Kindelbildung).

[2]) Altvater, Das Marchfeld und seine Bewässerung. Österr. Landw. Wochenbl. 1875. Nr. 51.

[3]) Journal d'Agriculture pratique; vgl. Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1873, Nr. 10, und Annalen d. Landwirtsch., 1873, Wochenbl. Nr. 16.

[4]) Schultz, E. S., u. Donald, Folsom, Journ. of agric. Res. XXI, S. 47—80, m. 12 Taf. vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII., 218 (1922).

steigern und zu dem Resultat führen, daß schließlich nur fadendünne Stengel hervorwachsen. Demgemäß ist die Krankheit z. T. die Folge eines

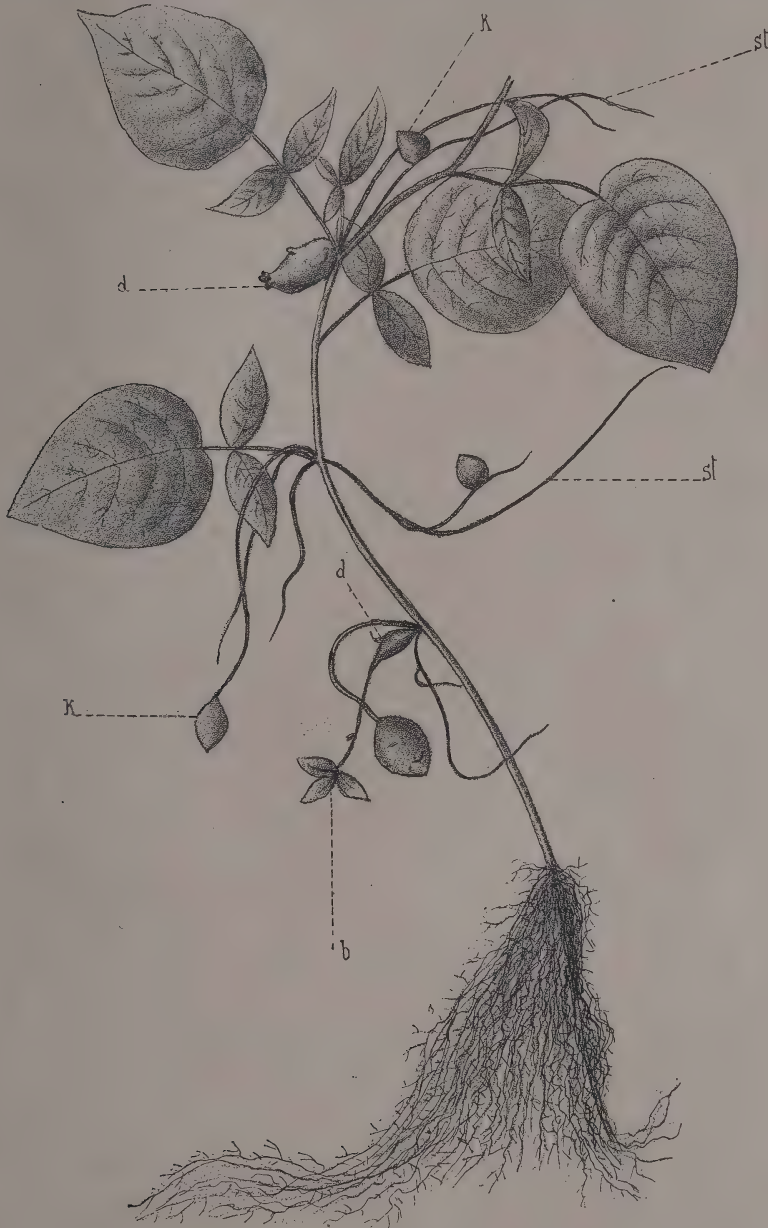


Abb. 64. Basalteil eines in Wasserkultur gezüchteten Stecklings von einer fadenkranken Kartoffelknolle. nat. Gr. (Orig. Sorauer.)

fortgesetzten Kulturfehlers, nämlich einer unzulässigen Abkürzung der Vegetationszeit. Ein Wechsel des Saatgutes wird hier allein ins Auge zu fassen sein, da der Kulturzweck die Rückkehr zur normalen Bestellung verbietet.

Durchwachsen der Kartoffeln.

In regenarmen Sommern ist es eine der häufigsten Klagen, daß die Kartoffeln klein geblieben oder bei annähernd normaler Größe ungemein viel „Kindelbildung" gezeigt haben. In nachstehender Abb. 65 ist eine der bizarrsten Formen wiedergegeben worden, welche zwei Arten der Durchwachsung zeigt, nämlich die wirkliche „Kindelbildung" und die „Wasserenden". Das Stielende der Knolle (linke Seite der Zeichnung) zeigt zwei wie die Lehnen eines Armstuhles seitlich in annähernd gleicher Höhe stehende Tochterknollen, und von da aus nach der Knollenspitze hin sehen wir die Tochterknollen immer kleiner werden, bis sie in der Nähe des jüngsten, kegelförmig vorgezogenen Endes der Knolle (rechte Seite des Bildes) nur noch als schwach halbkugelige Vorsprünge kenntlich sind.

Die Verbildung der Knolle beruht auf Prolepsis, d. h. vorzeitiger Entwicklung der Augen. Die Erklärung für diese Erscheinung liegt sehr

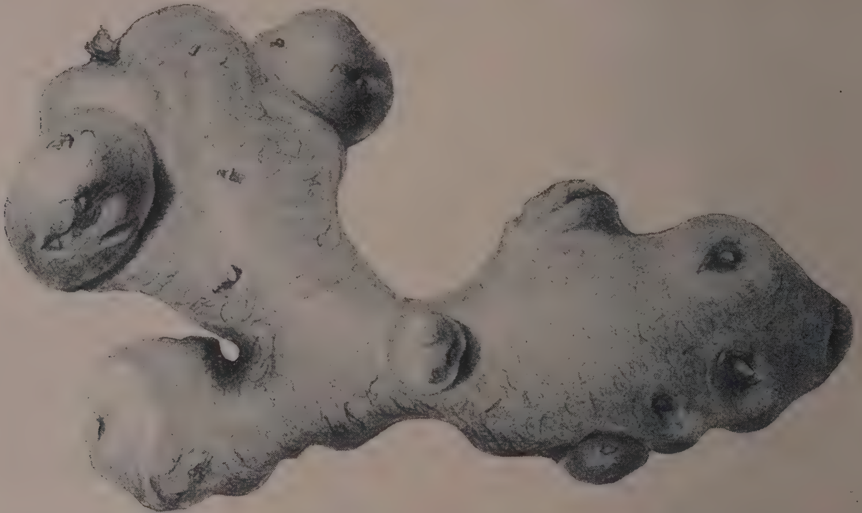


Abb. 65. Durchwachsene Kartoffel; links Anlage vollständiger Nebenknollen (Kindelbildung), rechts nachträgliche Streckung des Gipfelendes (Wasserenden). (Orig. Sorauer.)

nahe. Die Kartoffelstaude entwickelt, nachdem sie einige Zeit kräftiges Laub gebildet, allmählich die Spitzen oder Seitenaugen der unterirdischen Triebe zu Knollen, welche die erarbeitete Stärke aufspeichern. Je trockener die Sommerzeit, um so schneller reift die Knolle aus, indem sie bei mäßiger Vergrößerung und Vermehrung ihrer Zellen auch die Stärkekörner in den Zellen vergrößert und die Zellwände verdickt. Allmählich verlieren die Zellwände mit Ausnahme der jugendlichsten am Auge die Fähigkeit, sich bedeutend zu strecken.

Wenn nun nach längerer Trockenheit und vorgeschrittener Reife wieder reichlich Regen fällt[1]) zur Zeit, wo die Blätter noch völlig assimilationsfähig sind, so beginnt die Assimilationstätigkeit von neuem;

[1]) Vgl. auch Zimmermann, Hans, Veränderungen der Kartoffelknollen als Folge der diesjährigen Witterung. Mecklenb. landw. Wochenschr. 1921, S. 968 (Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII, S. 220 [1922]). — Witterung ähnlich 1911.

den Knollen wird wieder reichlich Reservesubstanz zugeführt. Da sie selbst aber nicht mehr vergrößerungsfähig sind, wird der Druck des durch reichliche Wasseraufnahme vermehrten Zellinhalts sich namentlich in den jungen Zellen des Auges geltend machen und ihre noch leicht dehnbaren Wandungen strecken, d. h. das Auge beginnt zu wachsen. In der Regel wächst es zu einer kleineren oder größeren Teilknolle (Kindel) heran, da meist die Umgebung des Auges noch wachstumfähig geblieben ist. Ist das letztere nicht mehr der Fall, sind dort die Zellen schon nicht mehr teilungsfähig, so wird die neue Knolle stielartig abgeschnürt erscheinen oder gar an einem mehr oder weniger verlängerten Achsenende sitzen. Selten sprossen aus den Augen junge Zweige, welche sich verlängern, bis sie die Bodenoberfläche erreichen. Dies ist nur bei anhaltend feuchter Witterung der Fall.

Daß die Zellen mit der Reife der Knolle ihre Dehnbarkeit verlieren, sieht man recht deutlich an der Korkschale, die bei jungen Knollen immer glatt ist. Wenn die Knollen recht reif sind, ist die Schale bei der Mehrzahl der Kartoffelsorten, namentlich den roten, rauh. Die zuerst dicht miteinander verbundenen Zellen der Korkschale können schließlich dem Druck des sich ausdehnenden Parenchyms der Knolle nicht mehr durch Dehnung der Wandungen folgen, sondern werden an zahlreichen Stellen auseinandergesprengt, wodurch die Rinde rissig wird[1]). Unter den Rißstellen haben sich neue Korkzellen gebildet. Das Eintreten des Rissigwerdens der Schale hängt natürlich von der Sorte ab. Je rissiger bei sonst glattschaligen Sorten eine Knolle ist, um so reifer und stärkereicher ist dieselbe.

Das Durchwachsen der Knollen hat nun in vielen Fällen insofern einen schädlichen Einfluß, als sich dadurch die Quantität Stärke, die wir als Bodenrente entnehmen, in minder leicht gewinnbarer Form darstellt. Man erhält neben den großen Knollen eine Menge kleiner, die öfter weniger reif und daher stärkeärmer sind. Die bereits vorhandenen Knollen werden nach den Untersuchungen von Kühn[2]) und Weidner[3]) durch das Kindelbilden nicht ärmer an Stärke. Diejenige, welche in den sekundären Knollen sich vorfindet, stammt nicht aus den Mutterknollen, sondern ist in den Blattorganen neugebildet und von dort herabgewandert. Nur bei den Stöcken, deren Kraut schon abgestorben ist, bringt plötzlich erneute Wasserzufuhr die Kindelbildung auf Kosten des Stärkegehaltes der alten Knolle hervor. Beide, Mutter und Kind, haben erst den Stärkegehalt einer nicht durchwachsenen Knolle.

Die sogenannten „Wasserenden" sind nichts anderes als die durch eine nachträgliche Zufuhr plastischen Materials zu erneutem Wachstum angeregten Gipfelteile der Knollen, die sich dadurch kegelförmig verlängern und mit neuer Stärke füllen (siehe die rechte Seite der Abb. 65). Die Füllung ist mitunter ebenso mangelhaft wie bei den eigentlichen „Kindeln".

Knollenbildung ohne Laub.

Wenn man Knollen zur Zeit ihres natürlichen Austreibens nicht in Erde bringt, sondern in einem trockenen, wenig belichteten Raume bis zur nächsten Ernteperiode aufbewahrt, erntet man bisweilen eine Anzahl kleiner Knollen. Dieselben stehen entweder dicht an der Mutterknolle

---

[1]) Vgl. auch H. Zimmermann, S. 302.
[2]) Zeitschr. d. landw. Centralver. der Prov. Sachsen 1868, S. 322.
[3]) Annalen des Mecklenb. patriot. Ver. 1868, Nr. 39.

oder hängen an kurzen Stolonen, die sich aus den Augen entwickelt haben. Während bei rechtzeitiger Wasser- und Lichtzufuhr dieselben Augen zu beblätterten grünen Trieben geworden wären, wird bei der dunkeln Aufbewahrung in genügend feuchter Luft das austreibende Auge sich zu dem fadenartigen nur mit Schuppen statt der Blätter besetzten Ausläufer (stolo) ausbilden, der sich nicht selten reich verzweigt und seitlich und an den Spitzen sich wieder zu Knollen verdickt, oft auch reichlich Wurzeln entwickelt.

Liegt die Knolle aber trocken, so daß sie zum Teil zu schrumpfen beginnt, so trocknen die sich streckenden Augen oft an der Spize ab, und nur solche entwickeln sich hier und da, die in das saftige Fleisch der eigenen Knolle hineinwachsen, dort eine bis mehrere neue Knollen aus dem Material der Mutterknolle aufbauen und die letztere natürlich dabei aufplatzen lassen (Abb. 66).

In England hatte man vor Jahren diese Eigentümlichkeit der alten Kartoffel, unter gewissen Umständen gleich junge zu erzeugen, benutzt,

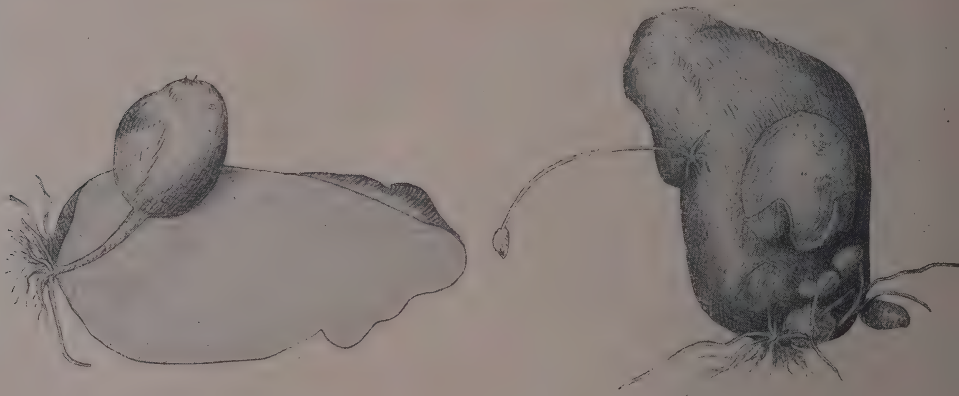


Abb. 66. Alte Kartoffel, in die ein eigenes Auge gewachsen ist, das sich zu einer Tochterknolle entwickelte. (Orig. Erika Graebner.)

um frühzeitig und ohne Transpostkosten „neue Kartoffeln" hervorzubringen. In verlassenen Bergwerksstollen, die eine dauernd gleichmäßige Temperatur haben, wurden auf Stellagen die Kartoffeln in trockenes luftiges Erdreich, welches sie kaum bedeckte, gelegt und so zur Bildung der seitlichen Knollen veranlaßt.

Oberirdische Kartoffelknollen.

Es kommt vor, daß bei flach gelegten nicht gehäufelten Knollen das Kraut noch grün bleibt, während der Wurzelapparat durch die Trockenheit oder Tiere stark beschädigt wird. Wenn ein nachfolgender Regen den geschwächten Wurzelkörper soweit in Funktion erhält, daß die oberirdischen Achsen am Leben bleiben, entwickeln sich an ihnen aus den Seitenaugen kleine gefärbte Knollen. Auch unter anderen Verhältnissen ist dieser Vorgang möglich; doch stimmen die Verhältnisse stets darin überein, daß der Wurzelapparat erkrankt ist und nur sehr geringe Wassermengen aus dem Boden den belaubten Stengeln zuführen kann. Man

kann selbst Stecklinge aus älteren Stengelteilen dazu bringen, in ihren Achseln Knollen anzusetzen. Auch hier reicht anscheinend, wie beim Blatt-Honigtau, die vorhandene Wassermenge nicht zur Ableitung des plastischen Materials an die normalen Orte und wird deshalb oberirdisch verbraucht.

Nach ihren physiologischen Erscheinungen würde sich hier auch die trotz der eifrigen Studien der letzten Jahre noch in ihren Ursachen nicht ganz geklärte

Blattrollkrankheit der Kartoffel

anschließen; auch bei ihr kommt das Krankheitsbild durch mangelhafte Ableitung der assimilierten Stärke zustande. Da aber neben dem starken Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit, der nicht selten auch hier mitzuspielen scheint, nach den neueren Beobachtungen und Studien vor allem mangelnde resp. wechselnde Wärme die Hauptrolle zu spielen scheint, soll die Krankheit beim Wärmemangel (vgl. auch bei enzymatischen Krankheiten) ausführlich besprochen werden.

3. Nährstoffmangel.

Stickstoffmangel.

Die vielfach wiederholten Versuche mit der Kultur von nichtschmetterlingsblütigen Pflanzen in Nährstoffgemischen ohne Stickstoffbeigabe haben gezeigt, daß aus einem Samen unter sonst günstigen Verhältnissen bei einzelnen Pflanzengeschlechtern eine neue, selbst bis zur Produktion einiger Blüten und neuer Samen sich herausbildende Miniaturpflanze entstehen kann. Der Gesamtstickstoffgehalt dieser ganzen Pflanze erreicht aber nicht denjenigen des ursprünglichen Samens. Aus diesem Umstande geht erstens hervor, daß die Pflanze nicht imstande ist, durch ihre Blätter nennenswerte Mengen von Luftstickstoff zu verwerten, zweitens aber ersehen wir daraus, daß die in den Samen gespeicherte Stickstoffsubstanz einzelnen Individuen ermöglicht, ihren ganzen Entwicklungszyklus zu durchlaufen, also alle Lebensprozesse in minimalem Umfange durchzumachen. Dies führt zu der ferneren Erkenntnis, daß der im Samen gespeicherte Stickstoff leicht mobilisierbar und wanderungsfähig, ja daß dasselbe Molekül wahrscheinlich zu denselben Zwecken des Aufbaues von Zellenplasma mehrmals verwendbar ist. Auch die Betrachtung des Wachstums der Stickstoffmangelpflanzen weist auf ein solches Verhältnis hin; denn man sieht, daß in dem Maße, als die Stengelspitze weiter wächst, die untersten Blätter ausgesogen werden und vom Rande oder der Spitze her zu vertrocknen beginnen. Mortensen[1]) weist dann auch darauf hin, daß gelbe Flecke auf den Sommersaaten, besonders Gerste, die der Kälte zugeschrieben wurden, oft durch Nährstoff-, besonders Stickstoff- und Kalimangel veranlaßt werden. Nach Mason[2]) trat auf St. Vincent eine als Rotlaubigkeit bezeichnete Krankheit der Baumwolle als Folge fehlender Stickstoffdüngung auf.

Bei der schnellen Verwertbarkeit und Wanderungsfähigkeit des Stickstoffs kann eben sehr schnell Mangel an diesem Nährstoff eintreten und sich durch Gelbsucht ankündigen. Bei unseren Kulturen können auch

[1]) Mortensen, M. L., Kudde. Lyngby, Dansk Landbrug. 1911, Nr. 21, S. 242.

[2]) Mason, T. G., Neue Untersuchungen über die Baumwollstaude auf den Kleinen Antillen, besonders auf St. Vincent. West Ind. Bull. Bridgetown XVIII, S. 184—197, mit 2 Taf. (1821).

solche Fälle eintreten, wenn reicher Stickstoffvorrat noch im Boden ist, aber in einer für spezielle Ansprüche der bestimmten Kulturpflanze nicht zusagenden Form existiert. Das hervorragendste Beispiel liefern unsere Zuckerrüben, denen der Stickstoff außer in Stallmist bisher namentlich in Form von Chilisalpeter zugeführt worden ist. Die vielfachen, äußerst günstigen Erfolge der Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak bei verschiedenen anderen Kulturgewächsen haben nun auch zur Verwendung dieses Düngemittels bei der Rübenkultur geführt. Aber die Praxis hat dabei zum Teil üble Erfahrungen gemacht, da die Rüben in der Polarisation sehr schlecht ausfielen.

In einer eingehenden Besprechung dieses Punktes[1]) heben Hollrung, Krüger und Schneidewind hervor, daß die Zuckerrübe eine ausgesprochene Nitratpflanze sei; da das Ammoniak aber nicht so schnell und direkt durch die Mikroorganismen des Bodens zu Salpetersäure umgewandelt werde, könne Mangel an salpetersauren Verbindungen eintreten und die Rübe Not leiden, obgleich Stickstoff genug als Ammoniak vorhanden sei. Etwaige Erscheinungen der Gelblaubigkeit werden somit erklärlich durch eine für Rüben ungeeignete Beschaffenheit des Stickstoffdüngers, die aber für Getreide und Kartoffeln günstig sich erweist.

Schon eine ältere Notiz weist auf den Unterschied der Wirkung je nach der gebotenen Stickstoffform hin. Die Analysen von Lagrange[2]) nämlich ergaben, daß in den mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngten Rüben ein doppelt so großer Ammoniakgehalt nachweisbar war wie in den mit Natronsalpeter gedüngten.

Das charakteristischste Zeichen für den Stickstoffmangel und selbstredend auch, wenn mit dem Stickstoff die übrigen Nährstoffe fehlen, das des allgemeinen Nährstoffmangels ist die Verzwergung der Pflanzen, d. h. das Kleinbleiben der oberirdischen Teile, ganz ähnlich, wie es oben S. 235 für den Wassermangel beschrieben wurde. Der Unterschied im Aufbau der durch Wassermangel und der durch Stickstoffhunger verzwergten Pflanze besteht darin, daß bei der ersteren das Verhältnis zwischen den ober- und den unterirdischen Organen annähernd normal ist, während bei Stickstoffmangel die Verzwergung der oberirdischen Teile mit einer unnatürlichen Verlängerung der Wurzeln Hand in Hand geht. Eine Wurzellänge, die oft das Mehrfache bis Vielfache der oberirdischen Stengel ausmacht, gibt den untrüglichen Beweis des Stickstoffmangels[3]).

Am bekanntesten ist das häufig in den botanischen Vorlesungen angesetzte Experiment: Es werden angekeimte Maiskörner in Wasserkulturen mit den verschiedenen Nährlösungen gebracht, deren eine alle Nährstoffe in genügender Menge enthält, nur den Stickstoff läßt man fehlen. Nach Verbrauch der Reservesubstanz des Samens gehen die oberirdischen Teile, also die Blätter, wieder unter allmählichem Einschrumpfen von den Spitzen her zurück, und die Wurzel verlängert sich dabei andauernd. Wenn schließlich die meist nicht 1 dm hohe Pflanze an Erschöpfung zugrunde geht, hat die Wurzel eine Länge von bis über 2 m erreicht.

---

[1]) Hollrung, Inwieweit ist eine Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak geeignet, bei den Zuckerrüben eine Schädigung hervorzurufen? Vortrag. Blätter für Zuckerrübenbau 1906, S. 70.

[2]) Biedermanns Centralbl. 1875. I. S. 258.

[3]) Vgl. besonders Probst, Otto, Einfluß des Stickstoffes auf die Pflanzenentwicklung, mit besonderer Berücksichtigung des Wurzelsystems. Diss. Basel (Bonn 1901).

Möller (s. S. 235) hat auch durch Experimente gezeigt, daß bei ab solutem Nährstoffmangel Verzwergung eintritt, und den Satz bestätigt, daß bei gering konzentrierten Nährlösungen der Wurzelapparat relativ an Masse zunimmt. Zu demselben Resultat ist Möbius[1]) bei seinen vergleichenden Kulturen von *Xanthium* in Sand- und Lehmboden gelangt. Er fand bei den Sandpflanzen stärkere Verzweigung des Wurzel- und Stammkörpers, kleinere, schmalere Blätter und eine geringere Anzahl von Drüsenhaaren gegenüber den in Lehmboden erzogenen Exemplaren. Bei letzteren schien dagegen der Gehalt an Kalkoxalatkristallen geringer zu sein. Die Dornen wurden auf Sandboden kleiner, aber die Membranen aller verholzten Elemente, wie es schien, wesentlich dicker.

In den ja bekanntlich sehr nährstoff-, also auch stickstoffarmen Heideböden sind die Wurzeln der Pflanzen, besonders der Gehölze, oft außerordentlich stark verlängert. Graebner[2]) gelang es, eine Kiefernwurzel von anfangs wenig über Fingerdicke bis über 15 m im Boden zu verfolgen und aufzuheben, bis sie schließlich abriß. Solche sich kaum verjüngenden Wurzeln werden in den armen Böden der Lausitz, Posens usw. vielfach zur Korbflechterei gegraben. Da im ganzen Verlaufe nur wenige Verzweigungen stattfinden, die feinen Endigungen also alle sehr weit entfernt vom Stamme sind, muß dabei jeder Tropfen Wasser und Nahrung bis zum Stamme hin eine weite Strecke zurücklegen, noch dazu in der stark den Nahrungs- und Feuchtigkeitsschwankungen ausgesetzten Oberflächennähe (vgl. S. 194ff.). Diese lange Leitung erfordert viel Kraft und Zeit und veranlaßt unbedingt eine unregelmäßige Versorgung der oberirdischen Teile. Anderseits muß das plastische Material, welches zum Neuaufbau der weiterwachsenden Wurzeln Verwendung finden soll, den ganzen Weg von den assimilierenden Blättern bis zu den entfernten Wurzelspitzen gleichfalls zurücklegen. Wenige Meter hohe Bäume auf solchen armen Heideböden haben oft viele Meter lange Wurzeln. Es muß dies neben anderen Ursachen schon allein eine starke Schwächung hervorrufen, die sich bei den Nadelhölzern zuerst in der Kurzlebigkeit der Nadeln äußert. In gesunden Kiefernwäldern sollen normalerweise die Nadeln vier oder doch mindestens drei Jahre lang sitzen bleiben, an Fichten erheblich länger. Durch die Schwächung ergibt sich aber eine geringere Widerstandsfähgkeit gegen Parasiten (Schüttepilze) u. a., so daß die Blätter nur wenige, mitunter nur ein Jahr am Baume sitzen. Die Zeit der Dauer ist leicht an der Zahl der vollständig oder lückenhaft erhaltenen Jahrgänge erkennbar. Jede Abnahme der Nadelzahl veranlaßt natürlich eine Abnahme des erzeugten Quantums an plastischem Material, d. h. des zur Neubildung von Wurzeln, Jahresringen, Zweigen und Nadeln nötigen Stoffes. Bei allmählicher Abnahme tritt dann schließlich der Zeitpunkt ein, an dem über die dringend nötig gebrauchte Menge plastischen Materials nur noch ganz geringe Quanten Reservesubstanz übrig bleiben, so daß schließlich die allgemeine Schwäche so groß ist, daß jeder Eingriff, der z. B. durch eine außergewöhnliche Trockenperiode, pflanzliche oder tierische Parasiten usw. geschehen mag, den Tod der Pflanze zur Folge haben kann oder muß. Bei den Laubhölzern auf den armen Böden sind die Erscheinungen natürlich ganz ähn-

[1]) Möbius, M., Über den Einfluß des Bodens auf die Struktur von *Xanthium spinosum* usw. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XXII, (1905), Heft 10.

[2]) Graebner, Beiträge zur Kenntnis nichtparasitärer Pflanzenkrankheiten. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen XLI (1909), S. 588.

lich, auch hier findet durch die geringe Produktion und die langgestreckten Wurzelkörper schließlich eine Erschöpfung der Pflanze statt, wie man besonders an den krüppeligen Eichen beobachten kann, die dann auch oft durch die ungenügende Rindenernährung Flechtenanhang (vgl. S. 182) zeigen.

Hungerzustände bei Kryptogamen.

Zum Hinweis des Parallelismus der Erscheinungen bei niederen und hochorganisierten Pflanzen mag zunächst ein Beispiel aus dem Gebiete der Fadenpilze aufgeführt werden. Fliorow[1]) prüfte den Einfluß des Hungers auf die Atmung bei *Mucor* und *Psalliota campestris.* Bei *Mucor* sinkt die Atmung sofort stark herab, weil bei diesem Pilz kein Reservestoffspeicher im Mycel vorhanden ist. Der Fruchtkörper des Hutpilzes aber besitzt in seiner Körpermasse viel Reservematerial und erweist sich deshalb in hohem Grade unabhängig von der Verarmung des Nährsubstrates, so daß seine Atmung beim Hungern nur sehr langsam fällt. Betreffs des Umsatzes der Eiweißstoffe schließt Verfasser aus Versuchen mit *Amanita muscaria*, daß der Gesamtstickstoff während des Hungerns prozentisch zunimmt, weil vorzugsweise die stickstofffreien Substanzen durch die Atmung verloren gehen. Es findet eine Neubildung von Eiweiß und Nuclein statt, die mit der Periode der Sporenbildung und -reifung zusammenfällt. Sodann folgt schneller Eiweißzerfall.

Bei dem Hungern der Pilze gehen zwar Kohlensäureproduktion und Sauerstoffaufnahme allmählich zurück, aber in ungleichem Verhältnis, wie Purjewicz[2]) bei *Aspergillus niger* beobachtete. Die Kohlensäureausscheidung sank schneller.

Sehr schöne experimentelle Beobachtungen lieferte Prantl[3]) an Farnprothallien. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß bei Aussaaten von Farnsporen die mannigfachsten Variationen unter den Prothallien auftreten. Manche von ihnen besitzen ein fortbildungsfähiges Gewebe (Meristem), während andere desselben entbehren, also „ameristisch" sind. Frühere Untersuchungen[4]) zeigten dem Forscher, daß die Ameristie sowohl bei zu geringem Luftzutritt als auch bei mangelhafter Wasser- und wohl auch Mineralstoffzufuhr eintreten kann. Die Beobachtung, daß unter den günstigsten Beleuchtungsverhältnissen bei zu dichtem Stande der Prothallien ameristische Individuen erscheinen, führte zu dem Versuch, den Einfluß der Stickstoffzufuhr direkt zu prüfen. Es wurden Sporen der schnell keimenden *Osmunda regalis* und der *Ceratopteris thalictroides* in verschiedene Nährstofflösungen ausgesät. Dabei zeigte sich nun, daß die in destilliertem Wasser gekeimten Sporen ameristische Prothallien hervorbrachten; sie bildeten Flächen von 15 bis 25 Zellen von ziemlich gleicher Größe und gleichem Inhalt; die Chlorophyllkörner waren arm an Stärke. Dagegen zeichneten sich die in einer sonst normalen, aber stickstofffreien Nährlösung erwachsenen Prothallien durch ungemein großen Stärkegehalt aus, glichen aber sonst den in destilliertem Wasser gezogenen Individuen. Nur die in Nährlösung mit Stickstoffbeigabe (0,64$^0/_{00}$ salpeters.

---

[1]) Fliorow, A., Der Einfluß der Ernährung auf die Atmung der Pilze. Nachr. Polyt. Inst. Warschau 1900 (russisch) vgl. Bot. Centralbl. LXXXVII (1901), S. 273.

[2]) Purjewicz, K., Physiolog. Untersuch. über die Atmung der Pflanzen. Vgl. Biederm. Centralbl. 1902, S. 180.

[3]) Prantl, Beobachtungen über die Ernährung der Farnprothallien und die Verteilung der Sexualorgane. Bot. Zeit. 1881, S. 753. — [4]) Flora 1878, S. 499.

Ammon.) erzogenen Exemplare waren meristisch. Wurden Exemplare von meristischen Prothallien in stickstofffreie Nährlösung übertragen, so war nach 14 Tagen das Meristem verschwunden, indem die Zellen sich sämtlich vergrößert, ab und zu sich auch geteilt und mit Stärke gefüllt hatten. Wenn dagegen ameristische Prothallien in eine vollständige Nährlösung gebracht wurden, bildete sich alsbald am Vorderrande ein Meristem durch wiederholte Teilung der Zellen, während die Stärkevorräte sich verringerten.

Je nach den Ernährungsverhältnissen variiert nun auch die Verteilung der Sexualorgane. Ameristische Prothallien tragen nur Antheridien, niemals Archegonien, welche an die Gegenwart eines Meristems gebunden sind. Besonders wichtig ist nun die Beobachtung Prantls, daß ameristische Prothallien von *Osmunda*, welche vereinzelte Antheridien getragen hatten, nach Stickstoffzufuhr reichlich Archegonien entwickelten, wobei außer diesen auch noch Antheridien auftraten.

Aus diesen, durch Nährstoffe herbeigeführten Veränderungen erklärt sich ungezwugen die von verschiedenen Autoren bei manchen Farnen angegebene „Neigung zur Diöcie", die von Millardet für *Osmunda* ausgesprochen, von Bauke[1]) für die *Cyatheaceen* und für *Platycerium*[2]), von Jonkmann[3]) für die *Marattiaceen* angegeben worden ist.

Weitere hierher gehörige Notizen zitiert H. Hoffmann[4]) zunächst von Hofmeister, welcher annimmt, daß bei *Equisetum* die Prothallien am Lichte und an trockenem Standort entschieden mehr Antheridien produzieren, also (da die Vorkeime fast ganz zweihäusig sind), mehr männliche Pflanzen bringen. Borodin fand, daß keimende Sporen von *Allosorus sagittatus*, in die Dunkelheit gebracht, Antheridien entwickelten.

Die Taubblütigkeit. Unfruchtbarkeit.

Die Taubblütigkeit bei den Phanerogamen beruht vorherrschend auf Stickstoffmangel. Derselbe kann sich in sehr verschiedener Form äußern. Bei Dichtsaat kann ein Kampf um den Stickstoff stattfinden, wobei die zuerst vegetativ am kräftigsten sich entwickelnden Pflanzen den minder kräftigen das Nährmaterial wegnehmen. Für die Unfruchtbarkeit kommen ferner die Fälle in Betracht, in denen das vorhandene Nährstoffmaterial nach anderer Richtung hin verbraucht wird, indem einseitige Steigerung oder Verminderung eines Vegetationsfaktors die vegetative Verwendung des erarbeiteten organischen Materials derart begünstigt, daß zur Ausbildung der Sexualorgane zu wenig Stickstoff übrig bleibt. Endlich ist der Fall nicht selten, daß das Material in der Anlage der stickstoffanspruchsloseren männlichen Organe reichlich Verwendung findet, aber für die Ausbildung des Fruchtknotens nicht mehr ausreicht.

Als Beispiel des Vertrocknens der Blütenanlagen infolge von Stickstoffmangel möge ein Versuch Sorauers mit *Veltheimia glauca* angeführt werden. Eine starke Zwillingszwiebel war vor mehreren Jahren geteilt worden, und jede Tochterzwiebel hatte seit dieser Zeit regelmäßig im Winter geblüht. Als später die eine Zwiebel nicht umgepflanzt wurde,

---

[1]) Pringsheims Jahrbücher X, S. 97.
[2]) Bot. Zeit. 1878, S. 757.
[3]) Extrait des Actes du Congrès international. Amsterdam 1877.
[4]) Hoffmann, H., Zur Geschlechtsbestimmung. Bot. Zeit. 1871, Nr. 6 und 7.

während die andere neue, kräftige Erde bekam, entwickelte sich bei der ersteren der Blütenstand zwar früher und schlanker, aber die Blumen vertrockneten vor der vollen Ausbildung. Dieser Pflanze wurden nun Hornspäne als Stickstoffquelle gegeben, ohne den Erdboden im Topfe zu wechseln. Im folgenden Jahre erschien der Blütenstand kräftiger, die Blumen zahlreicher, und ein Teil kam zur Entfaltung, färbte sich aber noch nicht so kräftig wie bei der alljährlich verpflanzten Zwiebel.

Zahlreiche Angaben finden wir betreffs des wachsenden Übergewichts der männlichen Blüten gegenüber den weiblichen. Eine der frühesten ist die von Knight, daß Melonen und Gurken bei hoher Temperatur ohne genügende Lichtzufuhr fast nur männliche Organe hervorbringen. Manz[1]) kommt bei seinen Versuchen zu dem Resultat, daß sowohl bei monözischen als auch diözischen Pflanzen die Entwicklung des männlichen Geschlechts durch Trockenheit, dagegen die des weiblichen durch Feuchtigkeit und gute Düngung begünstigt wird. Auch sollen männliche Pflanzen durch Abschneiden ganzer Äste in fruchtbare Zwitter verwandelt werden können (?). Letzterer Fall wäre dahin zu deuten, daß das von den Wurzeln aufgenommene Stickstoffmaterial nun auf eine geringere Menge von Blüten sich verteilt und daher diese besser ernährt.

Ähnlich ist es mit unseren Obstbäumen, von denen die Mehrzahl ein Ruhejahr, d. h. eines mit geringer Fruchtproduktion aufweist, bevor wieder eine vollkommene Ernte eintritt. Bei einer reichen Fruchternte wird das vorhandene plastische Material derartig von den Früchten in Anspruch genommen, daß der gleichzeitige Ansatz von Blütenknospen für das nächste Jahr leidet oder ganz unterbleibt; die Bäume sind meist so erschöpft, daß sie ein folgendes Jahr brauchen, um genügenden Nährstoffreichtum für die nächste Ernte zu speichern. Hoffmann[2]) erwähnt ferner, daß manche Gehölze (Roßkastanie und Kiefer) einen normalen Geschlechtswechsel erkennen lassen sollen, indem sie in einem Jahr männlich, im folgenden zwitterig blühen (?). Die Fruchtblattvermehrung bei dem monströsen Mohn (*Papaver somniferum* forma *polycarpica monstrosa*) tritt nur bei den kräftigsten Pflanzen ein. Auf seinen Reisen fand Karsten[3]) daß die in Sümpfen und feuchten Wäldern wachsenden Palmen in der Regel Zwitterblüten tragen, aber durch Nährstoffmangel polygam werden. Die an trockenen Abhängen oder in wasserarmen Ebenen wachsenden Gattungen sind „regelmäßig (nicht gesetzmäßig) getrennten Geschlechts“ und tragen männliche und weibliche Blüten in getrennten Ähren. Bei Beginn der trockenen Jahresperiode tritt die viel Nährstoffmaterial beanspruchende Fruchtreife ein, und es entfalten sich dann nur männliche Blüten, während nach der Ruhepause am Anfang der Regenzeit vorherrschend die Anlage weiblicher Blüten stattfindet.

Bei unseren Fuchsien, namentlich bei *Fuchsia coccinea*, beobachtete Graebner mehrfach, daß die sehr reich blühenden Topfpflanzen, wenn sie im Spätsommer das Nährstoffmaterial des Topfballens erschöpft hatten, trotz der gewohnten reichlichen Wassergabe an den Zweigspitzen kleinere Blüten entwickelten, an denen der Fruchtknoten verkümmert war, ja sogar hier und da fast ganz fehlschlug, daß sie aber normal ausgebildete Staubbeutel zeigten. Mitunter tritt schon vorher eine männliche Blüte neben einer zweigeschlechtlichen auf.

[1]) Vierte Beilage zur Flora 1822, Bd. V (nach Hoffmann a. a. O.), S. 88.
[2]) Bot. Zeit. 1882, S. 508. — [3]) Linnaea, 1857, S. 259.

Cugini[1]) fand bei Mangelpflanzen von Mais, die er durch Dichtsaat erzielte, daß einzelne Exemplare nur noch männliche Blüten trugen, eine Erscheinung, die Graebner zahlreich bei den frühen Maissorten sah, wenn diese zu spät im Frühjahr auf ungedüngten Boden gesät waren. Bei dem Mais konnte de Vries[2]) auch die Erblichkeit der Unfruchtbarkeit nachweisen. Von Pflanzen, bei denen die weiblichen Blütenstände ganz fehlten oder äußerst schwächlich waren, nahm er von einem Exemplar letztgenannter Art Samen zur Aussaat. Er erhielt im ersten Jahre 12% derartiger Schwächlinge. Die Aussaat des folgenden Jahres bereits 19% steriler Pflanzen.

Bei gutem Pollen und günstigen Keimungsbedingungen auf der Narbe kann sich Unfruchtbarkeit der Blüte einstellen. Waite[3]) hielt bei seinen Versuchen über Pear-blight bei Birnbäumen den Insektenbesuch von den Blüten ab und fand nun den Fruchtansatz fehlend oder doch sehr mangelhaft. Weitere Beobachtungen brachten ihn zu der Überzeugung, daß gewisse Birnen- und Apfelsorten überhaupt nicht durch den eigenen Pollen (auch nicht durch den von anderen Individuen derselben Sorte! s. S. 48) befruchtet werden können, sondern daß der Pollen einer anderen Varietät dazu notwendig sei. Daraus erkläre sich die beobachtete Erscheinung der Unfruchtbarkeit großer Obstbaumpflanzungen, die aus einer einzigen Sorte bestehen. Die gleiche Erscheinung ist bei manchen Erdbeersorten bekannt, die, alle aus einer Pflanze vermehrt, unfruchtbar bleiben! Zacharias[4]) beschreibt von der Vierländer Erdbeere, daß sie fast diözisch ist.

Ewert[5]) erkennt zwar an, daß eine Selbststerilität bei vielen Obstsorten festgelegt worden sei, ist aber doch der Meinung, daß die sortenreinen, großen Anpflanzungen nicht hinter den aus gemischten Sorten bestehenden zurückbleiben, weil die Fremdbestäubung pünktlich von Bienen und Hummeln besorgt werde. Nur wenn der Insektenflug durch ungünstige Witterung dauernd behindert werde, bleibe der Fruchtansatz aus.

Nach unserer Anschauung muß hier auch der Wechsel zwischen chasmogamen (offen mit großen Blumenblättern) und kleistogamen (geschlossen mit verkümmerten Petalen) Blüten erwähnt werden. Wir erblicken mit E. Loew[6]) in diesen Verhältnissen keine Mutationen im Sinne von de Vries, sondern einfache Variationen, welche vielfach von der Ernährungsform abhängen. Goebel fand die kleistogamen Blüten fruher angelegt und konnte Veilchen, die vorher kleistogam geblüht hatten, durch Trockenhaltung und reichliche Besonnung im Juli zur Bildung der in dieser Jahreszeit ganz ungewöhnlichen chasmogamen Blüten zwin-

---

[1]) Cugini, Intorno ad un anomalia della Zea Mays. Nouv. Giorn. Bot. It. XII (1880), S. 247; zit. Bot. Centralbl. 1880, S. 1130.

[2]) de Vries, H., Steriele Mais als erfelijk Ras. Bot. Jarbook II p. 109.

[3]) Vgl. Galloway, B. T., Bemerkenswertes Auftreten einiger Pflanzenkrankheiten in Amerika. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IV, 1894, S. 172.

[4]) Zacharias, Über den mangelhaften Ertrag der Vierlander Erdbeeren. Verh. Naturw. Ver. Hamburg 1903, 3. Folge, XI, S. 26. — Vgl. auch Acherson-Graebner, Synopsis d. Mitteleur. Fl., VI, 1, S. 659 bei der Ananaserdbeere.

[5]) Ewert, Welche Erfahrungen sind gemacht in bezug auf geringere Fruchtbarkeit usw. Proskauer Obstbau-Zeitung 1902.

[6]) E. Loew, Bemerkungen zu W. Burcks Abhandlung über die Mutation als Ursache der Kleistogamie. Biol. Centralbl. XXVI (1906), Nr. 5—7.

gen. Der Wechsel wird durch die Verschiebung in der Verwendung des vorhandenen plastischen Materials hervorgerufen. Graebner[1]) betont nach vielfachen Beobachtungen und Versuchen, daß vielfach die Kleistogamie durch ungünstige Ernährung oder Standort gefördert oder hervorgerufen werden kann. So blüht *Impatiens noli tangere* bei sehr dichtem Stande, zu starkem Schatten nur kleistogam; voll entwickelte chasmogam blühende Pflanzen erzeugten sofort kleistogame Blüten, wenn sie geschwächt wurden, z. B. auch bei Befall durch Mehltau. *Impatiens parviflora* besitzt meist keine kleistogamen Blüten; an ungünstigen Standorten, namentlich in ausgebrauchter Erde mit anderen Pflanzen in Blumentöpfen gezogen, brachte sie sich nicht öffnende, aber fruchtbare Blüten hervor. In kleine durchwurzelte Töpfe auf *Pelargonium zonale* gesäte *Orobanche speciosa* erzeugte nur weibliche Blüten und keine oder ganz verkümmerte Blumenkronen.

Kernlose Früchte (Parthenocarpie)[2]).

In Zusammenhang mit der Taubblütigkeit steht mitunter das Auftreten kernloser Früchte, das ebenfalls zur Sorteneigenschaft werden kann. Wir sind uns wohl bewußt, daß es etwas willkürlich erscheinen muß, wenn wir die Gesamtfrage der kernlosen Früchte, die Parthenocarpie, hier im Zusammenhange behandeln. Anderseits ist der Zusammenhang mit der durch Ernährungsstockungen verursachten Taubblütigkeit in vielen Fällen nicht zu verkennen, und es hieße etwas Einheitliches zerreißen, wenn hier nur solche Fälle abgehandelt werden sollten, die durch Kälte oder absichtlich kastrierte Blüten aber bei mangelnder Wärme bzw. Wunden aufgeführt würden. Es erscheint deshalb zweckmäßig, hier im allgemeinen die kernlosen Früchte zu besprechen und in den anderen Kapiteln auf diese Stelle zu verweisen.

Munoz[3]) führt die eigenartige Deformation der Ananas, die als „Breite Ähre“ bezeichnet wird und sich darin äußert, daß die Pflanze keine mittleren Blätter und keine oder doch nur eine mittelmäßige Frucht entwickelt, auf ungenügende Düngung zurück.

Man hat neuerdings vielfach die Eigentümlichkeit einer Sorte, kernlose Früchte zu erzeugen, als besondere Empfehlung hervorgehoben[4]) und als wertvoll betont, daß die Blüten Früchte bringen, ohne befruchtet zu werden. Damit seien auch die üblen Einflüsse ausgeschlossen, die bei anderen Sorten durch Frost, Nebel, Regen, Dürre, schlechten Insektenbesuch usw. während der Blütezeit drohen.

Kernlose Obstsorten, d. h. solche, bei denen man wenig gut ausgebildete Samen findet, sind schon von früher her bekannt, Bananen, Ananas, vom Kernobst z. B. die Birne „Rihas Kernlose“ und der „Vaterapfel ohne Kern“. Bei Aussaaten von Mostobst soll es mehrfach vorkommen, daß kernfreie Sorten auftreten, die jedoch durch geringe Größe und große Härte der Früchte unangenehm auffallen.

Das Entstehen der kernlosen Früchte wird in den neueren Arbeiten

---

[1]) Graebner, Gelegentliche Kleistogamie. Verh. Bot. Vereins Prov. Brandenb. XXXIII (1893), S. 148ff.

[2]) Vgl. auch Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei, 3. Aufl., 1920, S. 260. — Vgl. auch Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXIII (1923), S. 33.

[3]) Munoz, C. B., Die Ananaskultur auf Cuba. Estac. exp. agr. Santiago de las Vegas. Bol. XLV (1919).

[4]) Vgl. schon Janson, Der kernlose Apfel. Gartenflora 1905, S. 490.

mehrfach berührt. Kirchner[1]), der auch die Beobachtungen von Waite[2]) heranzieht, erklärt, daß typische und normal entwickelte Früchte nur durch Kreuzung mit dem Pollen einer anderen Sorte erlangt werden; die größten Früchte eines Baumes entstehen immer durch Kreuzbefruchtung. Durch Selbstbestäubung hervorgebrachte Birnen entwickelten zum Teil fast gar keine Samen; die dem Bienenbesuch ausgesetzten oder künstlich mit fremden Pollen bestäubten Blüten brachten dagegen Früchte mit reichlichen, gesunden Samen hervor. Daher empfehle es sich, Sorten im Gemisch anzubauen.

Gegenüber dieser Ansicht bleibt Ewert[3]) aus praktischen Gründen auf seinem Standpunkt stehen, den Massenanbau einer einzigen Sorte zu befürworten.

Betreffs der kernlosen Weinbeeren verweisen wir auf die Untersuchungen von Müller-Thurgau[4]). Ewert betont bezüglich des Kernobstes, daß für den Fruchtansatz besonders die Menge des der einzelnen Blüte zur Verfügung stehenden organischen Baumaterials in Betracht komme. In einzelnen Fällen kann man künstlich durch Ringeln einen besseren Ernährungszustand für die einzelnen Blüten erzwingen, da sie in ihrer Ausbildung verschieden sind. Die Griffel sind entweder stark entwickelt und ragen bis über 1 cm über die Antheren hinaus (gynodynamisch), oder beide Geschlechtsorgane sind gleich lang, oder die Griffel sind kürzer als die Staubgefäße (androdynamisch). Der Schluß, daß, je stärker die Protogynie entwickelt ist, die Blüte desto mehr den Pollen einer anderen Sorte verlange, also selbststeril ist und umgekehrt, je mehr Homogamie und Protandrie sich geltend machen, desto mehr Selbstfertilität möglich sei, wird durch Ewerts Versuche nicht ausnahmslos bestätigt. Ersichtlich ist, daß die organische Nahrung zunächst denjenigen Fruchtanlagen zuströmt, bei denen Fremdbestäubung die Kernbildung ermöglicht. Im Wettbewerb mit kernhaltigen Früchten bleiben kernlose von demselben Baume am kleinsten und sind oft mißgestaltet. Werden an einem Baume durch Abhalten fremden Pollens nur kernlose Früchte erzielt, so erlangen diese die gleiche Größe wie kernreiche Früchte.

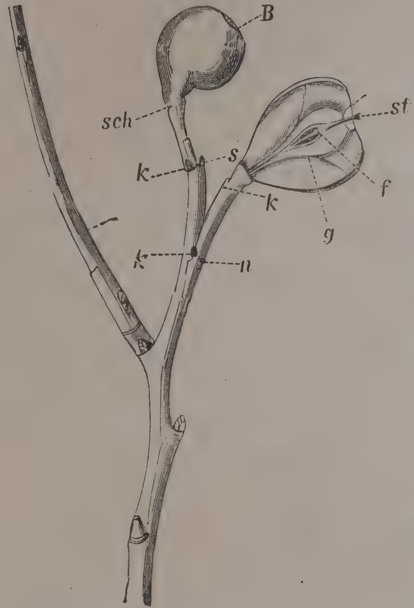


Abb. 67. Kernlose Birne.

In einzelnen Fällen kann man Früchte beobachten, bei denen sogar das Kernhaus nicht vorhanden oder doch kaum angelegt ist. In ersterer

[1]) Kirchner, O., Das Blühen und die Befruchtung der Obstbäume. Vortrag. Ref. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1900, S. 297.

[2]) Waite, Merton, B., The Pollination of the pear flowers. Washington 1894. U. S. Dep. Agric. Bull. 5.

[3]) Ewert, Blütenbiologie und Tragbarkeit unserer Obstbäume. Landwirtsch. Jahrbücher 1906, S. 259.

[4]) Müller-Thurgau, Folgen der Bestäubung bei Obst- und Rebenblüten. VIII. Ber. d. Züricher Bot. Ges. 1900—1903.

Hinsicht berichtet Burbidge[1]), daß Birnen ohne Samen und Kernhaus ganz solide parenchymatische Früchte darstellten, die größer, wohlschmeckender und haltbarer gewesen sein sollen wie die samentragenden Birnen. An neueren Sorten ist dies jetzt öfter zu beobachten.

Sorauer erhielt einige Birnenzweige, von denen ein Exemplar durch Abb. 67 in halber Größe wiedergegeben ist. Die Früchte waren vollkommen hart und gesund bis auf Beschädigungen, welche die Herbst-

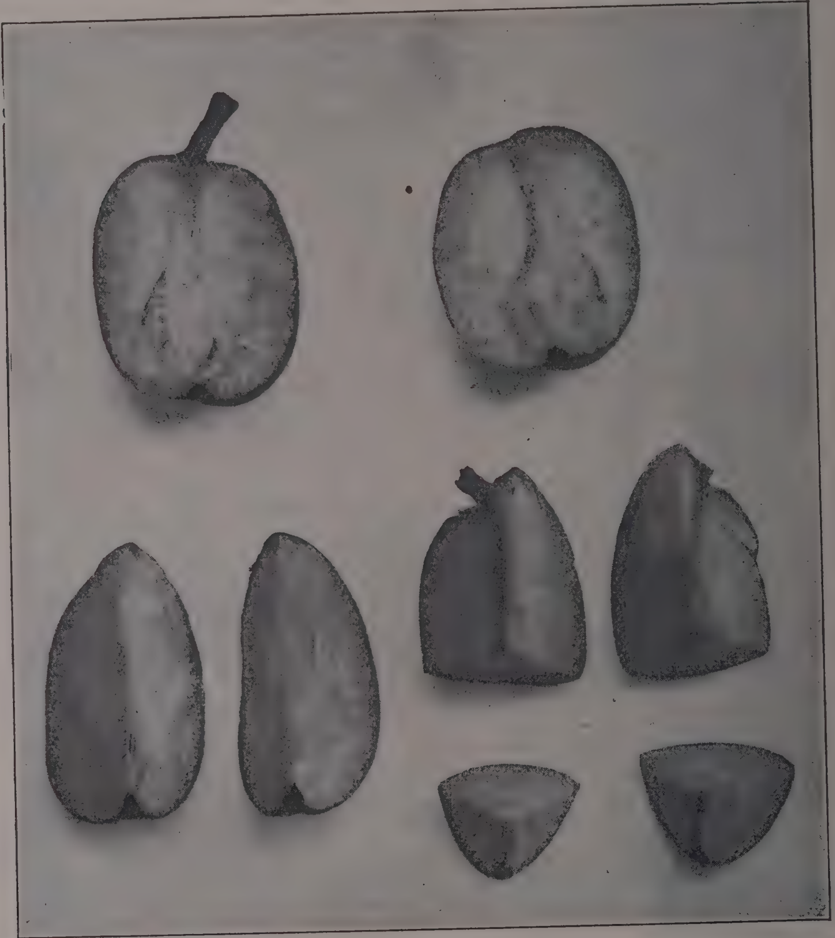


Abb. 68. Birne Dr. Julius Guyot, Spätfrüchte, alle kernlos. (Nach Höstermann.)

fröste veranlaßt hatten. In *A* sehen wir einen normalen Holzzweig, in *B* einen Zweig, dessen Terminalknospe zur kernlosen Frucht angeschwollen ist, in *C* zeigt sich eine mit Kernhausanlage versehene, aus einer Seitenknospe hervorgegangene Frucht, *n* ist die Narbe eines abgefallenen Blattes, *s* eine unentwickelt gebliebene Seitenknospe, *k* eine vollkommen ausgebildete Laubknospe am Fruchtstiel, *sch* ein schuppenförmiges Blatt an demselben; *g* sind die normal verlaufenden, um die mit Eirudimenten versehenen

[1]) Royal. horticult. Soc. of London. Nov. (1881). Vgl. Bot. Centralbl. VIII, S. 319.

Kernhausfächer (*f*) sich herumziehenden Gefäßbündelstränge. Bei *c* sind vertrocknete Reste der Kelchzipfel und bei *st* die Griffeläste sichtbar.

Vorstehender Fall weicht von dem von Burbidge beschriebenen und den meisten bisher abgebildeten Beispielen dadurch ab, daß die Fruchtanschwellungen hier nicht Produktionen vorjähriger, sondern diesjähriger Knospen sind. Bei Birnen ist es gerade nicht selten, daß einzelne Herbstblüten auftreten. Dieselben können wohl, wie manchmal angegeben ist, aus vorjährigen Knospen hervorgehen; indes haben Sorauer und Graebner nur solche Blüten zu beobachten Gelegenheit gehabt, welche an den diesjährigen, im Sommer bereits ausgereiften Zweigen entstanden waren, was leicht aus dem Holzringe des fruchttragenden Zweiges ersehen werden konnte und namentlich an den im Sommer zum zweiten Male blühenden und dann fruchtenden (vgl. Wärmeüberschuß) im Mittelmeergebiete hervortrat. Die proleptischen Blüten haben bei dem relativ geringen Nährvorrat und der kurzen Zeit, die ihnen der Herbst in Nordeuropa noch zur Entwicklung bietet, natürlich wenig Gelegenheit, den Rindenkörper noch zu wohlschmeckendem Fruchtfleisch auszubilden, und daraus erklärt sich

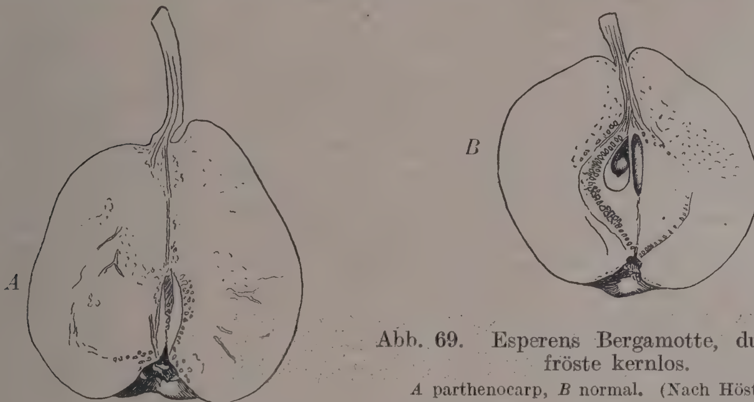


Abb. 69. Esperens Bergamotte, durch Spätfröste kernlos.
A parthenocarp, *B* normal. (Nach Höstermann.)

einerseits die geringe Größe und anderseits die Geschmacklosigkeit der hier beschriebenen Birnen. Wären die Fruchtknospen nicht durch die außerordentlich gesteigerte Wasserzufuhr der Herbstperiode geweckt worden, hätten sie im folgenden Jahre wahrscheinlich ganz normale Früchte geliefert.

Während hier die Frucht kernlos geblieben ist, weil bei der proleptischen Entwicklung die gespeicherten organischen Baustoffe nicht ausreichten, kommen anderseits auch Fälle vor, bei denen Material genug vorhanden, aber dieses durch Zerstörung der normalen Kernanlagen nun anderweitige Verwendung findet. So berichten Müller-Thurgau[1]) und Höstermann[2]) von Birnen, deren Fruchtblattanlagen durch Spätfrost vernichtet worden waren; es entstanden dann Früchte, die an Stelle des Fruchtgehäuses einen Hohlraum zeigten, in den von der Seitenwand aus Gewebewucherungen hineinwuchsen, so daß die Frucht oft ganz gefüllt erscheint (Abb. 68). Durch Kastration der jungen Blüten zog Höster-

[1]) Müller-Thurgau, H., Eigentümliche Frostschäden an Obstbäumen und Reben. X.—XII. Jahresb. der Deutsch-schweizer. Versuchsstat. Wädensweil. 1902. S. 66.

[2]) Höstermann, G., Durch Spätfrost entstandene kernlose Birnen. Bericht Kgl. Gärtnerlehranst. Dahlem 1913, S. 61 (1914).

mann[1]) kernlose Früchte bei Tomaten (Abb. 70), bei Eierfrüchten (*Solanum melongena*), Paprika (*Capsicum annuum*), Kürbis und Melonen. Derselbe[2]) berichtet auch über ein Exemplar der Kakipflanze (*Diospyros kaki*), welches im Kübel im Sommer ins Freie gesetzt alljährlich blüht und einige stets parthenocarpe Früchte bringt.

Das Auftreten kernloser Früchte ist also zunächst hauptsächlich als eine Materialfrage zu behandeln. Die organischen Baustoffe reichen eben nicht aus, um die Kernanlagen genügend zu ernähren, gleichviel, ob dies durch Fehlen des Befruchtungsreizes, durch schlechte Stellung der einzelnen Blüte, durch Erschöpfung des Baumes infolge einer vorangegangenen reichen Ernte oder durch proleptische Entwicklung einer Fruchtknospe zustande kommt. In Rücksicht darauf, daß kernhaltige

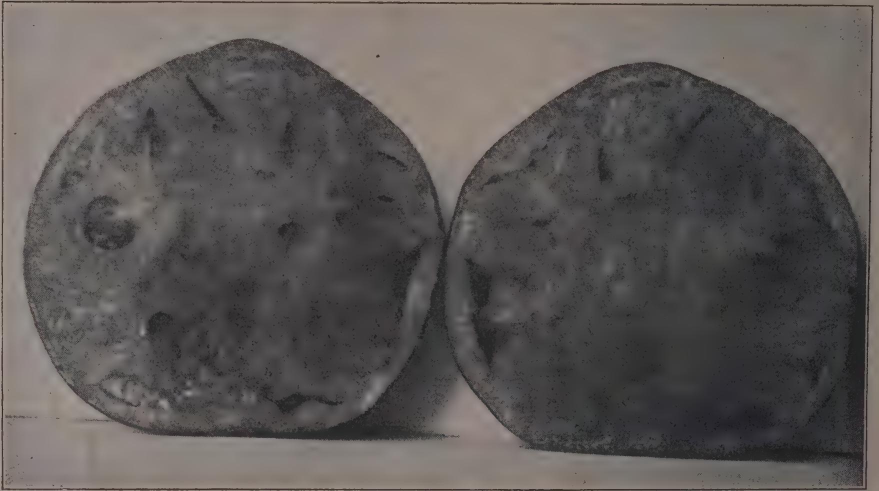


Abb. 70. Tomate „Praesident Garfield", durch Kastrieren parthenocarp. (Nach Höstermann.)

Früchte desselben Baumes sich vorteilhafter entwickeln, wird es wirtschaftlich doch geratener sein, solange man nicht absolut sichere kernlose Sorten anbauen kann, die Möglichkeit der Kernbildung zu begünstigen.

Das Verhalten schwächlicher Samen.

Die Ursachen, welche bei den kernlosen Früchten auf das Fehlschlagen oder die kümmerliche Ausbildung der Samen hingewirkt haben, werden auch bei anderen Kulturgewächsen mehr oder weniger zur Geltung kommen, so daß wir das Verhalten schwächlich ausgebildeter Samen ins Auge fassen müssen. Die mangelhafte Ernährung muß sich im spezifischen Gewicht zeigen, und in dieser Beziehung ergeben die Untersuchungen von Clark[3]), daß Samen von zu geringem spezifischen Gewicht

[1]) Vgl. Höstermann im Bericht Kgl. Gärtnerlehranstalt 1912 (Paul Parey 1913) und 1913 (Paul Parey 1914).

[2]) Höstermann, G., Ebendort S. 107.

[3]) Clark, A., Seed Selection accordind to specific gravity. New York Exper. Stat. Bull. 256. 1904.

überhaupt nicht keimen; die etwas schwereren keimen spärlich und erzeugen vielfach schwächliche Pflanzen. Die höchsten Keimprozente finden sich bei Samen mit höchstem spezifischen Gewicht.

Nach den Versuchen von Hosaeus[1]) kann man wohl aus unreifen, also spezifisch leichten Samen mit vorsichtiger Darbietung recht günstiger Bedingungen normale Pflanzen ziehen; aber die Sterblichkeitsprozente sind gegenüber denen aus normalem Saatgut bedeutend größer. Das bezieht sich z. B. auf Verwendung von Getreide, das in der Milchreife hat geerntet werden müssen. Manchmal erfahren die unreifen Samen außerhalb ihrer Fruchthülle eine genügende Nachreife und können unter Umständen dann schneller keimen wie unvollkommen ausgereifte. Dieser Umstand tritt nach Kinzel[2]) bei unseren schmarotzenden Seidearten ein und ist sehr beachtenswert bei deren Bekämpfung.

Bisweilen hilft man sich bei schlechter Samenbeschaffenheit durch vorsichtiges Vorquellen, um den Aufenthalt des Samenkorns im Boden bis zur Keimung möglichst abzukürzen. Die unreifen Samen faulen nämlich viel leichter, namentlich in schweren Böden. Aber dieses Vorquellen hat den Nachteil, daß die Saat, wenn Trockenperioden eintreten, länger liegen bleibt, als wenn sie sich von vornherein selbst überlassen bleibt. Für Gurken hat dies Zawodny[3]) experimentell nachgewiesen. In dieser Beziehung sei auf die früher schon besprochene, durch Trockenheit unterbrochene Keimung verwiesen.

Die Dornenbildung.

Als Zeichen von Stickstoffmangel darf die Dornenbildung, d. h. der Ersatz einer Knospe am Ende eines Triebes durch eine verholzte, stechende Spitze aufgefaßt werden. Welche Veränderungen dabei stattfinden, zeigt der Vergleich von Abb. 71 und Abb. 72 (Querschnitte von *Rhamnus cathartica*). Man vergleiche in beiden Abbildungen die Gewebe, die durch denselben Buchstaben bezeichnet sind. Wir sehen, wie bei der Dornenbildung die derbwandigen Elemente die Oberhand gewinnen, und wie selbst die Parenchymzellen der Rinde und des Markkörpers ihre Membranen ungewöhnlich verdicken. In der Jugend kann der zum Dorn werdende Zweig an seiner Basis bisweilen Seitenaugen bilden, wenn noch so viel Stickstoff zur Anlage von Meristemherden vorhanden ist. Aber auch diese Seitenachsen pflegen bald nach ihrer Anlage zu verdornen. Solange man Blattansätze an den Dornen erkennen kann und auch noch eine Strecke über diese hinaus findet man noch Gefäße; in der Spitzenregion pflegen dieselben zu verschwinden. Die Umwandlung der Dornen in normal beblätterte, mit einer Gipfelknospe abschließende Zweige erfolgt durch Zurückschneiden und Verpflanzen der Wildlinge in stickstoffreiche, lockere, gut zu bewässernde Böden.

Kalimangel[4]).

Einleitend sei noch einmal darauf hingewiesen, daß Kalimangel im Boden eine größere Wasserarmut desselben bedingt. Neuere Versuche

[1]) Deutsche Landwirtsch. Presse 1875, Nr. 4.

[2]) Kinzel, W., Über die Keimung halbreifer und reifer Samen der Gattung Cuscuta. Landwirtsch. Versuchsstat. LIV (1900), S. 125.

[3]) Zawodny, J., Keimung der Znaimer Gurke. Zeitschr. Naturw. Stuttg. LXXIV (1901), S. 77—94. Zit. Bot. Jahresber. 1901, S. 236.

[4]) Vgl. auch Freysoldt, L., Kalimangelerscheinungen an Kartoffeln. Die Ernährung der Pflanze 1918.

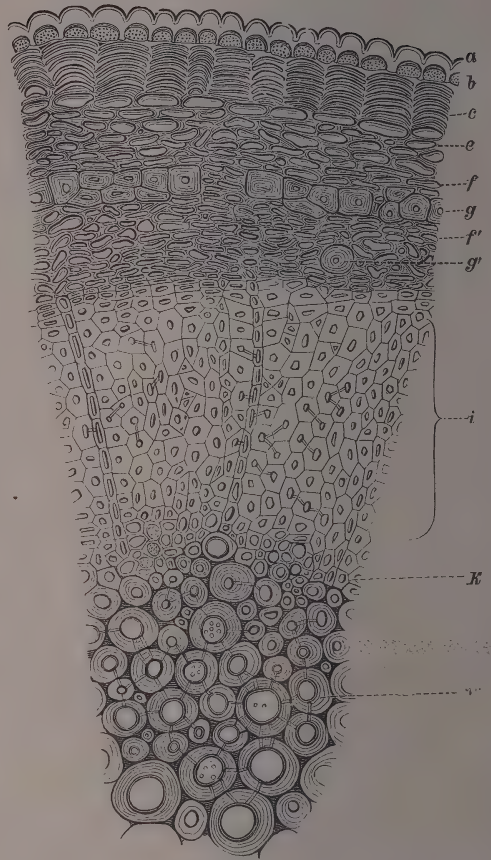


Abb. 72. Querschnitt durch den Dorn von *Rhamnus cathartica*.

Buchstabenerklärung wie bei Abb. 71; es fehlen hier nur das Phellogen (*d*) und die sekundäre Rinde (*h*) die in Dauerzellen umgewandelt erscheinen. (Nach Döbner-Nobbe.)

Abb. 71 (nebenstehend). Querschnitt durch den einjährigen Zweig von *Rhamnus cathartica*.

a Cuticula, *b* Epidermis, *c* Korkschicht, *d* Phellogen (Korkcambium), *e* Collenchym, *f* und *f'* Rindenparenchym, *g* und *g'* Bastbündel, *h* sekundäre Rinde, *i* Holzkörper und an dessen Peripherie die cambiale Zone, *k* Markkrone, *m* Markscheibe. (Nach Döbner-Nobbe.)

von Hollrung[1]) haben erwiesen, daß eine Erde, welche mit Kalisalzen vermischt war, viel mehr Feuchtigkeit enthielt als unter sonst gleichen Verhältnissen derselbe Boden ohne Kalizusatz.

Der Eintritt des Kalis in die Pflanze erfolgt in der Form von salpetersaurem, schwefel- und phosphorsaurem, salzsaurem und wohl auch von kieselsaurem Kali. In der Pflanze ist es mit organischen und anorganischen Säuren verbunden anzutreffen, und zwar vorzugsweise in den Geweben, in denen Kohlenhydrate wandern oder gebildet werden. Hellriegel und Wilfarth wiesen direkt nach, daß die Menge der als Reservestoffe niedergeschlagenen Kohlenhydrate (Stärke, Zucker) bei Kartoffeln, Getreide und Zuckerrüben direkt abhängig von der gegebenen Kalimenge ist. Somit erkennt man, daß Kalimangel sich in Spärlichkeit der Reservestoffe ausdrücken muß; außerdem erklärt sich die beobachtete Tatsache, daß die Triebbildung nachläßt; denn die zur Ausbildung des Parenchyms nötige Zellulose ist doch ebenfalls ein Kohlenhydrat.

Ohne Kali ergrünt zwar die Pflanze, wächst aber wie beim Mangel jedes lebensnotwendigen Stoffes über das Maß des vom Samen gelieferten Materials nicht viel hinaus. Alles übrige Nährstoffmaterial kann also nicht verwertet werden (Gesetz des Minimums). Nach den Studien von Nobbe rief ein Zusatz von Chlorkalium, einer sehr günstigen Verbindung, bei der seit Monaten ruhenden kalihungrigen Pflanze nach zwei bis drei Tagen schon eine Zuwachssteigerung hervor; darauf begann die Stärkebildung[2]). Eine Kalizufuhr kommt aber erst zur vollen Wirksamkeit, wenn sie nicht durch Kalk paralysiert wird. Ad. Meyer[3]) hebt die besonders günstige Wirkung des Chlorkaliums hervor, sah sie aber bedeutend abgeschwächt, sobald gleichzeitig Bicalciumphosphat vorhanden war. Bei Zuckerrüben wirkten sowohl Chlorkalium als auch Kalk in alleiniger Anwendung sehr gut, aber nicht bei gleichzeitiger Zufuhr.

Bei Getreide sah Hellriegel, daß sich bei zu geringem Kalivorrat die grünen Teile auf Kosten der Körner ausbildeten. Dies ist nicht so bei Stickstoffmangel, bei welchem sich die Pflanzen vollständig entwickeln, aber klein bleiben. Bei Bäumen führt ein anhaltender Kalimangel zu immer schwächlicherer Entwicklung der Endtriebe und schließlich zur „Spitzendürre", und Janson[4]) führt an, daß er diese Krankheit durch direkte Zufuhr von 40% Kalisalz geheilt habe. Natürlich kann Spitzendürre durch sehr verschiedene Ursachen zustande kommen.

Wissenschaftlich beachtenswert ist die experimentell festgestellte Tatsache[5]), daß bei Kalimangel, gegenüber einer vollen Ernährung, ein größerer Teil der aufgenommenen Nährstoffe (mit Ausnahme der Phosphorsäure) zur Zeit der Reife wieder in den Boden zurückwandert. Wenigstens wurde dies bei Sommerweizen, Gerste, Erbsen und Senf beobachtet. Kartoffeln machten eine Ausnahme.

Interessant ist die Äußerung des Kalimangels bei Pilzen. Molliard

---

[1]) Hollrung, Vortrag im Anhaltinischen Zweigverein für Zuckerrübenkultur. Blätter f. Zuckerrübenbau 1905, S. 76.

[2]) Nobbe, Schröder und Erdmann, Die organische Leistung des Kaliums in der Pflanze. Landwirtsch. Versuchsstat. XIII, S. 321.

[3]) Jahresber. f. Agrik.-Chemie 1880, S. 269.

[4]) Janson, A., Kalidüngung gegen die Spitzendürre. Prakt. Ratg. f. Obst- und Gartenbau 1905 Nr. 38.

[5]) Wilfahrt, Römer und Wimmer, Über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen in verschiedenen Zeiten ihres Wachstums. Landw. Versuchsstat. LXIII (1906), S. 1.



Abb. 73. Kalimangel.

1 Tabakblatt infolge von Kalimangel gekrümmt mit braunen, zum Teil eingerissenen Rändern; nur die Nervatur ist noch grün, während die Intercostalfelder gelb bis weiß verfärbt erscheinen. *2* Blatt einer normal ernährten, *3* einer kalihungrigen Kartoffelpflanze; bei letzterem stehen die Blattfiederchen dichter beieinander und sind nach unten gekrümmt. Die hell gezeichneten Stellen sind gelblich, die Intercostalfelder sind braunfleckig, ebenso wie die Blattränder. Vgl. auch Freysoldt a. a. O. S. 317 Fußnote 4. *4* und *5* Blätter der Buchweizenpflanze mit gelblichen, dann gebräunten, schließlich weißen Flecken. (Nach Wilfarth und Wimmer.)

und Coupin[1]) sahen bei *Sterigmatocystis nigra* eine Mißbildung der Konidienköpfchen, die überhaupt nur noch ausnahmsweise entstanden und sich unvollkommen ausbildeten. Wie bei anderen Hungerzuständen, keimen die Konidien sofort, aber ihr Inhalt wandert in eine Chlamydosporenform.

Die wichtigste Frage für die Kultur ist, ob sich äußere sichere Merkmale finden lassen, welche den Kalimangel mit Bestimmtheit anzeigen.

Die wesentlichsten darauf gerichteten Versuche verdanken wir Wilfarth und Wimmer[2]), die mit Zuckerrüben, Kartoffeln, Buchweizen usw. vergleichende Kulturen angestellt haben. Sie prüften auch den Stickstoff- und Phosphorsäuremangel und fanden, daß bei Stickstoffmangel die Blätter eine hellgrüne bis gelbliche Färbung annehmen und schließlich mit heller, bräunlichgelber Farbe vertrocknen. Bei Phosphorsäuremangel färben sie sich entsprechend dem jeweilig vorhandenen Stickstoffüberschuß tief dunkelgrün, und es bilden sich in extremen Fällen, zuerst an den Rändern, später über die ganze Blattfläche verbreitete schwarzbraune Stellen, welche anfangs bisweilen rötlich gefärbt sind. Schließlich folgt Vertrocknen unter dunkelgrüner bis schwarzbrauner Färbung. Steht derartigen Mangelpflanzen aber Kali genügend zur Verfügung, so werden trotzdem reichliche Mengen von Stärke und Zucker gebildet, ja, bei Stickstoffmangel scheint dieser Prozeß eher vermehrt als vermindert zu werden. Wenn aber Kali bei sonst normalem Nährstoffvorrat fehlt, dann tritt bei Körnerfrüchten die oben erwähnte vermehrte Strohbildung gegenüber der Körnerbildung zutage, und bei Rüben- oder Knollengewächsen steigert sich die Krautmenge gegenüber den Reservestoffbehältern, die erheblich weniger Kohlenhydrate als bei Stickstoff- und Phosphorsäuremangel besitzen.

Linsbauer[3]) tritt dafür ein, daß es das Kali ist, dem ein entscheidender Einfluß auf die normale Fruchtausbildung zukommt und zwar im Zusammenwirken mit Phosphorsäure.

Da die Pflanzen zunächst den Kalivorrat zum Aufbau des vegetativen Gerüstes verwenden, so behalten sie in ihrem Habitus länger das Aussehen der normal ernährten Pflanzen als bei Stickstoff- oder Phosphorsäuremangel; dann aber verkürzen sich die Internodien, und die Blätter krümmen sich konvex nach oben. Es treten vorerst in der Nähe der Blattränder, später aber über die ganze Blattfläche verbreitet gelbliche, schnell braun werdende oder manchmal auch noch in Weiß übergehende Flecke auf, während Blattstiele und Nervatur mit deren nächster Umgebung grün bleiben. Endlich vertrocknen, meist vom Rande her, die Blätter mit dunkelbrauner Farbe (s. Abb. 73). Blüte und Fruchtbildung sind gering. Bei Kalimangel gehen nicht selten einzelne Pflanzen vorzeitig[4]) zugrunde, während bei Stickstoff- und Phosphorsäuremangel auch die kleinste Pflanze bis zum Ende der Vegetationszeit erhalten bleibt.

---

[1]) Molliard et Coupin, Sur les formes teratologiques du *Sterigmatocystis nigra* privé de Potassium. Compt. rend. CXXXVI (1903), S. 1659.

[2]) Wilfarth, H. W., und Wimmer, G., Die Kennzeichen des Kalimangels an den Blättern der Pflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XIII, 1903, S. 82, Taf. IV, V.

[3]) Linsbauer, L., Über eine Stoffwechselerkrankung an Apfelfrüchten und deren Heilung. Zeitschr. f. Pflzkrkh. XXXII (1922), S. 1—17.

[4]) Vgl. auch: v. Seelhorst, Die durch Kalimangel bei Vietsbohnen (Phaseolus vulgaris nanus) hervorgerufenen Erscheinungen. Zeitschr. f. Pflanzenkr. XVI, 1906, S. 2.

Von besonderer Wichtigkeit ist noch die Beobachtung der genannten Autoren, daß Kalimangelpflanzen sehr leicht in ihren Wurzel- bzw. Knollenkörpern zur Fäulnis neigen, und daß überhaupt alle Pflanzen, die Mangel an einem Nährstoff haben, für den Befall durch tierische und pflanzliche Parasiten mehr disponiert sind.

Dieselbe Beobachtung machte bei Moorkulturen von Feilitzen[1]) an Timotheegras, das erst von einem Pilze befallen wurde, nachdem es durch Kalimangel geschwächt worden war. Bei Klee bemerkte er, daß die ohne oder mit schwerlöslichem Kali bestellten Parzellen so „verbrannt" aussahen, wie auf magerem Sandboden nach langen Trockenperioden.

Bei Düngungsversuchen an Kiefern fand Möller, daß bei Kalimangel die Sämlingspflanzen eine geringere Wuchskraft und fahlere Nadelfärbung zeigten.

So schätzenswert die Bestrebungen sind, habituell sichere Merkmale für Kalimangel aufzufinden, so wird man doch für lange Zeit hinaus diese Merkmale noch mit Vorsicht zur Diagnose benutzen müssen. Erstens wissen wir nicht, ob bei derselben Art stets, d. h. bei allen Variationen der Wachstumsfaktoren dieselben Merkmale sichtbar werden. Zweitens kennen wir noch viel zu wenig die Hungererscheinungen, die bei anderen Nährstoffen sich geltend machen. Drittens täuschen Einflüsse schädlicher Gase bisweilen so ähnliche Bilder vor, abgesehen von parasitären Eingriffen, daß es schwer sein dürfte, aus den habituellen Veränderungen allein bestimmte Schlüsse zu ziehen. Man muß nur bedenken, daß fast alle das Blattleben betreffenden Schädigungen an den von den wasserleitenden Nervensträngen am entferntesten liegenden Regionen sich zuerst äußern. Daher der häufige Anfang der Erkrankung vom Blattrande her oder in der Mitte der zwischen den stärkeren Rippen vorgewölbten Intercostalfelder.

Die Disposition der durch Kalimangel geschwächten Pflanze für Pilzinfektionen hat sich in den Kulturen vielfach gezeigt.

Kalkmangel[2]).

Die Verwendung des Kalkes in der Pflanze als Festigungsmittel für die Membranen und als Bindungsmittel der entstehenden giftigen Oxalsäure ist bekannt. Für die Erkrankungserscheinungen von Belang ist der Umstand, daß ein Überschuß von Oxalsäure geringe Kalkoxalatmengen wieder lösen kann[3]). Der entstandene oxalsaure Kalk löst sich nur in wenigen Fällen wieder auf[4]). Meist besitzt der Organismus nicht die Fähigkeit, den schon anderweitig in alten Geweben niedergelegten Kalk in genügender Menge noch einmal aufzulösen und dorthin zu transportieren, wo er bei der Kalknot augenblicklich für die Neubildungen von neuem wirksam sein könnte. Wenigstens lehren die Versuche von

---

[1]) v. Feilitzen-Jönköping, Wie zeigt sich der Kalimangel bei Klee und Timotheegras? Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur. 1904. Nr. 4. S. 41.

[2]) Vgl. auch Hiltner, Schädigung der Kulturpflanzen durch Kalkmangel im Boden. Wochenbl. d. landw. Ver. Bayern 1918, S. 168f.

[3]) Würtz, Dictionnaire de chimie II S. 647, vgl. de Vries in Landwirtsch. Jahrb. 1881, S. 81.

[4]) Sorauer, P., Beiträge zur Keimungsgeschichte der Kartoffelknolle. Berlin. Wiegandt & Hempel. 1868. S. 27, und de Vries, H., Über die Bedeutung der Kalkablagerungen in den Pflanzen. Landwirtsch. Jahrb. 1881, S. 80.

Böhm[1]), Raumer und Kellermann[2]) und von Benecke[3]), daß au den Reservestoffbehältern kein oder nur wenig Kalk nach den jugendlichen Geweben auswandert, wenn Pflanzen in destilliertem Wasser oder kalkfreien Lösungen oder in Quarzsand gezogen werden. Zur Bildung der Stärke selbst ist, wie Böhm an stärkefreien Primordialblättern mit schon schrumpfenden Stielen gezeigt hat, kein Kalk nötig, da diese sich ohne Kalkzufuhr unter sonst günstigen Verhältnissen wieder mit Stärke füllten. Aber bei der Lösung und dem Transport des Reservestoffes muß eine Kalkverbindung schon notwendig werden, da die Untersuchung der in kalklosen Medien gezogenen Pflanzen ergab, daß die Organe (Blätter, Cotyledonen) sich nicht gänzlich entstärkten, sondern größere Mengen im Blattkörper selbst oder in den nächstliegenden Internodien zurückhielten und der junge Pflanzenteil ungeachtet seines Zuckergehaltes verhungerte. Auch Sorauers Versuche[4]) führten zu dem Ergebnis, daß die Pflanze selbst zu der Zeit, in der sie vorzugsweise das Reservematerial zu Zellulose u. dgl. verarbeitet, neue, aus der Bodenlösung stammende Mineralstoffe braucht.

So wirkt schon bei der Keimung der Samen frische Kalkzufuhr günstig, ja sie erscheint manchmal notwendig. Die Angaben, daß Kalk den keimenden Samen unzuträglich sei[5]), dürften auf der Anwendung zu hoch konzentrierter Lösungen beruhen. Loew und May erklären daß ein bestimmter Überschuß von Kalk im Boden über den Magnesiagehalt bei der Pflanze Hungersymptome hervorrufe (s. Magnesiamangel). Eine frühere Behauptung von Dehérain und Breal[6]), daß bei Kalkmangel die Pflanzen den in ihrem Körper gespeicherten Kalk besser verwenden, wenn die Temperatur erhöht wird, hat sich nicht bestätigt[7]). Außer Molisch hat auch Portheim das Irrige dieser Angaben nachgewiesen[8]).

Von den älteren Beobachtern schildert Nobbe[9]) die Erscheinungen des Kalkmangels bei Wasserkulturen. Buchweizen, Erbsen, Robinie usw. kamen nur wenig über das Keimungsstadium hinaus. Die falben Blätter zeigten Flecke, welche den durch Säurewirkung entstandenen ähnlich waren, und vertrockneten allmählich, wobei die Blattstiele häufig einknickten. An Nadelhölzern bekamen schon die erstjährigen Nadeln gelbe bis braune Spitzen.

Neuere Kulturversuche mit Getreide, Buchweizen und *Helodea Canadensis*[10]) in kalkfreien Nährlösungen zeigten, daß schon nach fünf-

---

[1]) Böhm, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. Sitzungsber. d. k. Akad d. Wissensch., LXXI (1875), S. 287ff.

[2]) v. Raumer und Kellermann, Über die Funktion des Kalks im Leben der Pflanze. Landwirtsch. Versuchsstationen XXV (1880), Heft 1 u. 2.

[3]) Benecke, W., Über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen. Bot. Zeit. 1903, Heft 5.

[4]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik. 1880, S. 429.

[5]) Windisch, G., Über die Einwirkung des Kalkhydrates auf die Keimung. Landwirtsch. Versuchsstationen. 1900, S. 283.

[6]) Annales agronomiques IX (1883), Nr. 52.

[7]) Krüger, W., und Schneidewind, W., Zersetzungen und Umsetzungen von Stickstoffverbindungen im Boden durch niedere Organismen usw. Landwirtsch. Jahrbücher 1901, S. 633ff.

[8]) Portheim, L. v., Über die Notwendigkeit des Kalkes für Keimlinge usw. Vgl. Bot. Jahresber. 1901, Abt. 2, S. 141.

[9]) Döbner-Nobbe, Botanik für Forstmänner. 1882, S. 314.

[10]) Bruch, P., Zur physiologischen Bedeutung des Calciums in der Pflanze. Landwirtsch. Jahrb. 1901, Suppl. III, S. 127.

tägigem Aufenthalt in kalkfreier Lösung das Wurzelwachstum nachließ und später ganz aufhörte. Die Wurzeln bräunten sich, und die Wurzelhaube starb ab; auf den Blättern, die bald zugrunde gingen, fanden sich eigenartige bräunliche Flecke. Der Gehalt an saurem Kaliumoxalat und an Stärke war größer als bei normalen Pflanzen. Das Absterben der ohne Kalk ernährten Pflanzen ist von Loew auf eine Giftwirkung der Magnesiasalze zurückgeführt worden. Bruchs Kulturversuche in wässerigen Lösungen mit Magnesiumsulphat, -nitrat, -carbonat und -phosphat zeigten, daß zwar die Wurzeln bald ihr Wachstum einstellten, aber die oberirdischen Teile sich völlig normal weiter entwickelten und sogar zur Blüte gelangten. Weizenpflanzen in kalk- und magnesiafreien Lösungen starben weit schneller ab als solche in nur kalkfreien Lösungen.

Amar[1]) beobachtete das Fehlen der Kalkoxalatkristalle in den Blättern, welche nach Einbringen der Pflanzen in eine kalkfreie Lösung gebildet worden waren.

Einen weiteren Einblick in die Wirkung des Kalkmangels geben Krüger und Schneidewind durch die Mitteilung von Schimper, daß die Folgen einer Kalkentziehung alle Symptome der Vergiftung zeigen infolge eines enorm großen Gehaltes an saurem oxalsauren Kali. Bei *Phaseolus* konnten die Verfasser zwar keine besondere Steigerung einer starken organischen Säure nachweisen, aber es gelang ihnen, durch Bestreichen absterbender Keimlinge mit einer Kalklösung am hypokotylen Teile oder an der Stelle, wo das Absterben zu beginnen pflegte, die Pflanzen bis zum vollständigen Verbrauch aller Reservestoffe zu erhalten. Dies bestätigt die Boehmsche Beobachtung, daß Keimpflanzen der Feuerbohne mittels der Oberfläche von Stengeln und Blättern außer Wasser auch Kalk aufnehmen.

Eine Bestätigung vorstehender Beobachtungen bieten die Versuche von Moisescu[2]). Derselbe sah bei verschiedenen Kulturen in Nährlösungen diejenigen Pflänzchen am frühesten und stärksten erkranken, welche in kalkfreier Lösung standen. Bei *Platanus acerifolia*, deren Blätter teilweise längs der Nerven braun und trocken wurden, zeigte sich, daß die erkrankten gegenüber den gesunden einen doppelt so hohen Säuregehalt besaßen. Auf den kranken Blättern siedelte sich *Gloeosporium nervisequum* an. Man muß deshalb annehmen, daß der genannte Parasit nur geschwächte Blätter heimsucht. Diese Schwäche bestände hier in „Calcipenuria", also in Kalkmangel. Nach Ansicht des Verfassers ist eben zu wenig Kalk dagewesen, um das im Überschuß vorhandene oxalsaure Kali in oxalsauren Kalk umzuwandeln.

Außer derartigen Kulturversuchen liegt eine große Anzahl von praktischen Erfahrungen vor, welche auf die Schädlichkeit einer Kalkarmut hinweisen. Wenigstens sahen wir in vielen Fällen ein Aufhören der Krankheitserscheinungen nach Kalkzufuhr. Vielfach mag dabei der Kalk günstig auf die Bodenbeschaffenheit wirken, oft aber auch direkt auf die Zusammensetzung des Zellsaftes. Nach unserer Auffassung existiert eine bedeutende Anzahl von Erkrankungen, die direkt durch Stickstoffüberschuß hervorgerufen werden, bei denen Zufuhr von Kalk und Phosphorsäure das einzig wirksame Hilfsmittel bleibt. Auch werden wir in

---

[1]) Amar, Maxime, Sur le rôle de l'oxalate de calcium dans la nutrition des végétaux. Annal. sc. nat. bot. XIX (1904), S. 195.

[2]) Moisescu, N., Ein Fall von Calcipenuria. Zeitschr. f. Pflanzenkr. XV, 1905, S. 21.

dem Abschnitt „Enzymatische Krankheiten“ der günstigen Wirkung der Kalkdüngung zu gedenken haben. Dort werden wir auch den Punkt der überreichen Säurebildung in der Pflanze berühren, die sicherlich manchmal den Produktionsmodus ungünstig beeinflussen wird. So enthält z. B. bei Kalkmangel im Boden das Zuckerrohr im Saft reichlich Säure und wenig Zucker[1]). Spezielle Fälle von Oxalsäurevergiftung werden wir später erwähnen.

Über eine durch Gipsdüngung heilbare Krankheit der Reben „Little leaf“ berichten Bioletti und Bonnet[2]) aus Kalifornien. Die Krankheit (kleine gelbliche Blätter, kurze Internodien) tritt seit 1900 auf, ist nicht ansteckend und wahrscheinlich durch örtliche Boden-, Wasser- und Temperaturverhältnisse veranlaßt.

Magnesiamangel.

In Nährlösungen ohne Magnesia erzogene Getreidepflanzen zeigten mehrfach eine größere Langlebigkeit als bei Kalkmangel. Es wäre daraus zu schließen, daß die Pflanze imstande ist, ihre im Gewebe bereits festgelegten Magnesiaverbindungen leichter zu remobilisieren und den jungen Organen wieder teilweise zugänglich zu machen. Wenn das Getreide langsam durch Magnesiahunger erkrankt, zeigen die Blätter ein hellgrünes, schlaffes, aber nicht direkt welkes Aussehen. Ein ganz bedeutender Einfluß läßt sich von vornherein bei der Samenbildung vermuten, wenn man bedenkt, daß z. B. die in den Proteinkörnern eingeschlossenen Globoide als Kalk- und Magnesiaverbindung mit einer gepaarten Phosphorsäure anzusehen sind. Tatsächlich zeigte sich auch bei Magnesiamangel eine Verminderung der Fruchtbildung, wie Nobbe[3]) angibt. Er führt folgende Symptome auf. Die Blätter nehmen einen bläßlichen, hier und da durch gelbe bis orangerote Flecke unterbrochenen Farbenton an; die Blattentfaltung wird gehemmt, die Internodien werden verkürzt. Die Chlorophyllkörner sind blaßgelbgrün und enthalten in der Regel spärliche Stärkeeinschlüsse. In der Epidermis ist eine geringere Zellteilung bemerkbar. Mit den Pflanzen der stickstofffreien Nährlösungen fand Nobbe die Magnesiamangelpflanzen darin übereinstimmend, daß rotfleckige Stengel vorhanden waren, und daß die Blätter vorzeitig von der Basis aus abfielen. Letzteres Merkmal dürfte wohl bei allen Hungerpflanzen vorhanden sein, da die jungen Organe bei ungenügender Nährstoffzufuhr durch die Wurzel die älteren aussaugen.

Eine orangerote Färbung konnte auch Möller[4]) bei seinen Magnesiamangelkulturen mit Kiefernsämlingen beobachten. Er sagt, daß die Nadeln im Oktober leuchtend orangegelbe Spitzen zeigten und weiter abwärts durch ein leuchtendes Rot in das normale Grün übergingen. Die Färbung verschwand, als die Sämlinge im zweiten Jahre Magnesia erhielten. Ramann hatte die orangespitzigen Nadeln zweijähriger Kiefern analysiert und gefunden, daß dieselben 0,2791 % Magnesia (auf Trockensubstanz berechnet) enthielten, während die danebenstehenden normal grünen Exemplare einen Gehalt von 0,6069 % aufwiesen.

---

[1]) Semler, Tropische Agrikultur. 2. Aufl., III., S. 236.

[2]) Bioletti, Fr. T., u. Bonnet, L., Journ. of agric. Research VIII. (1917), S. 381 bis 397, mit 4 Taf.; vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflzkrkh. XXX (1920), S. 104.

[3]) Döbners Botanik für Forstmänner, bearbeitet von Nobbe. 4. Aufl., S. 315.

[4]) Möller, A., Karenzerscheinungen bei der Kiefer. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1904, S. 745.

Betreffs der Magnesiawirkung haben Loew und May[1]) der Ansicht Ausdruck gegeben, daß für ein günstiges Pflanzenwachstum ein bestimmtes Mengenverhältnis zwischen löslichen Kalk- und Magnesiaverbindungen notwendig sei (ungefähr dem molekularen Gewicht, also 5 zu 4 entsprechend). Magnesia in einem Boden in großem Überschuß über Kalk ist schädlich. Pflanzen, die insofern Magnesiamangel haben, als Kalk im Überschuß vorhanden ist, zeigen Hungersymptome. Ein kleiner Überschuß an Kalk hebt die giftigen Wirkungen der Magnesia auf. Bei Anwendung magnesiahaltiger Düngemittel sollte zugleich mit Kalken vorgegangen werden. Dieser Rat ist sehr zu beherzigen. Wenn auch die Pflanzen Magnesia sehr gut vertragen, ja notwendig brauchen, so ist der Überschuß sicherlich schädlich, wie die Düngungen mit Kalirohsalzen vielfach bewiesen

Chlormangel.

Es ist vielleicht anzunehmen, daß Chlor und Kalk in antagonistischem Verhältnis zueinander in der Pflanze stehen. Die bei dem Kalium erwähnten Ergebnisse von Mayer, daß die Wirkung des Chlorkaliums geschwächt wird durch Kalk und umgekehrt, weisen darauf hin. Ebenso fand Knop[2]), daß die Kalkaufnahme bei Chlorgehalt der Nährstofflösung geringer wird, ohne daß der Kalk in entsprechender Weise von Kali oder einer anderen Base vertreten erscheint. Somit veranlassen die Chlorverbindungen (durch Zurückbleiben des Kalkes) ein wesentliches Steigen des Säuregehaltes im Pflanzensafte. Da unter den aufgenommenen Säuren die Phosphorsäure überwiegt, so glaubt Knop dieser Säure die von Nobbe beobachtete, größere Fruchtbarkeit bei Anwendung von chlorhaltigen Nährstofflösungen zuschreiben zu dürfen. Man möchte sich demnach den Vorgang so erklären, daß das Chlor, das übrigens je nach den der Wurzel dargebotenen Mengen sich in enorm verschiedenen Quantitäten im Pflanzenkörper anhäufen[3]) kann, die Transportfähigkeit der Phosphorsäure erhöht, indem es die Kalkaufnahme vermindert und dadurch verhütet, daß die Phosphorsäure in der schwerlöslichen Form des phosphorsauren Kalkes auftrete. Kommt die bei der Bildung der Eiweißstoffe mitwirkende Phosphorsäure sehr leicht in die meristematischen Gewebezonen der fortwachsenden Spitzen, dann tritt reiche Plasmabildung und Zellvermehrung und damit in Verbindung reiches Abströmen der Kohlenhydrate zur Eiweißregeneration ein. Demgemäß werden sich stark fortwachsende Triebe und wenig gespeicherte Reservestoffe in den mit Chlor gedüngten Pflanzen finden müssen. Tatsächlich zeigen die vielen Düngungsversuche ein Herabgehen der Stärke und des Reservezuckers in den üppig wachsenden Kulturpflanzen.

Außer der wahrscheinlichen Erhöhung der Transportfähigkeit der Phosphorsäure hat das Chlor nachweisbar einen befördernden Einfluß

---

[1]) Loew, O., und May, W., The relation of lime and magnesia to plant growth. U. S. Departm. of agric. Bull. I. Vgl. Bot. Jahresber. 1901, 2, S. 141.

[2]) Chemisch-physiologische Untersuchungen über die Ernährung der Pflanze von Knop und Dworzak. Berichte d. Kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. vom 23. April 1875. Vgl. Jahresber. f. Agrikulturchemie 1875, S. 267.

[3]) Pagnoul, Sur le rôle exercé par les sels alcalins sur la végétation de la betterave et de la pomme de terre. Compt. rend. LXXX (1875), S. 1010. Fünfjährig fortgesetzte Düngungsversuche mit Chlorüren zeigten in den Rüben eine Schwankung im Gehalt von 1—50. Bei Kartoffeln fiel der geringste Ertrag an Knollen mit der geringsten Menge der Asche an kohlensaurem Kali, aber deren größtem Reichtum an Chlorüren zusammen.



Abb. 75. In chlorfreier Lösung erzogene Buchweizenpflanze. (Nach Nobbe.)

Abb. 74. Blühende, in normaler Nährstofflösung erzogene Buchweizenpflanze. (Nach Nobbe.)

auf die Fortleitung der in den Blättern bereiteten Stärke. Nach Nobbes Versuchen wächst die chlordarbende Pflanze unter ganz dunkelgrüner Färbung fort und zeigt eine bedeutende Produktion stärkereicher Substanz; früher oder später aber tritt, jedenfalls vor der Blüte, eine eigenartige Gestaltsänderung ein. Die dunklen, abnorm dickfleischigen, stärkestrotzenden Blätter sah Nobbe (bei Eiche und Buchweizen) sich einrollen, brüchig und hinfällig werden. Die Stengel und Blattstiele erscheinen wulstig dick, die Internodien der Stengel immer kürzer, und schließlich vertrocknen manche derselben von der Spitze aus. Wenn die Pflanze bis zur Blüte kommt, entwickeln sich trotz des reichen Stärkematerials in den Blättern doch nur vereinzelte ungemein dürftige kleine Früchte. Der Einfluß des Chlormangels wird am besten durch den Vergleich einer normalen mit einer bei Chlormangel erzogenen Buchweizenpflanze erkennbar (Abb. 74 und 75).

Eisenmangel[1]) und Gelbsucht (Icterus).

Die Ausdrücke „Gelbsucht", „Bleichsucht", „Weißblätterigkeit", „Panachure", „Chlorosis", „Albicatio", „Etiolement" sind die geläufigsten Bezeichnungen für die Zustände, bei denen ein Blatt stellenweise oder in seiner gesamten Flächenausdehnung den grünen Farbstoff verliert. Die Ursachen für diese Farbenänderung sind äußerst verschieden, stellen aber stets Schwächezustände dar.

Um einen Überblick über die mannigfachen Erkrankungsfälle zu gewinnen, versuchen wir dieselben zu gruppieren in

1. nicht angeborene und nicht übertragbare Zustände.
   a) Die Verfärbung ergreift die gesamte Fläche des im Lichte ausgewachsenen Blattes. Dasselbe nimmt, nachdem es in der Jugend grün gewesen, in seiner ganzen Fläche einen gelblichen, gelben bis gelbweißen Farbenton an: Icterus oder Gelbsucht. Ursache: meist Nährstoffmangel.
   b) Die bleiche Verfärbung ist im jugendlichen Organ bereits vorhanden, und die Blätter verharren in einem der Jugend ähnlichen Zustande bis zu ihrem vorzeitigen Ende: Chlorosis, Bleichsucht oder Etiolement. Ursache: meist Licht-, bisweilen Wärmemangel (s. diese);
2. angeborene und übertragbare Zustände.
   Die Pflanzenteile zeigen gelbe bis reinweiße Flecke oder Streifen. Vorzugsweise leiden die Pflanzen, bei denen rein weiße Blätter neben grün gefleckten oder gänzlich grünen auftreten. Flecke meist mit scharfer Abgrenzung: Weißblätterigkeit[2]), Albicatio, Panachure. Manchmal übertragbar durch Samen oder durch Veredlung. Ursache: enzymatische Störungen (s. diese).

Selbstverständlich gibt es Mittelstufen zwischen den genannten Typen, da mehrfach ein Zusammenwirken der einzelnen Ursachen stattfindet.

Im vorliegenden Abschnitt fassen wir nur die icterischen Zustände ins Auge und führen sie unter Eisenmangel auf, weil man sich seit den

[1]) Vgl. auch Mac Call, A. G. u. Haag, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXIII (1923), S. 29.

[2]) Über Weißährigkeit der Wiesengräser durch tierische Parasiten vgl. F. Zacher Deutsche Landw. Presse XLVI (1919), Nr. 59.

Untersuchungen von Gris[1]), Vater und Sohn, gewöhnt hat, die Gelbsucht als vorzugsweise auf Eisenmangel beruhend zu betrachten[2]). Die genannten Autoren sahen gelbsüchtige Blätter an den Stellen ergrünen, die sie mit einem löslichen Eisensalze bestrichen hatten. Auch wenn solche Pflanzen für ihre Wurzeln eine verdünnte Eisenlösung zur Verfügung hatten, konnte ein Ergrünen beobachtet werden. Die Versuche über die Wirksamkeit der Eisenlösung wurden vielfach wiederholt, wie z. B. von Knop[3]) und Sachs[4]), die bei Kulturen von Mais in eisenfreien Nährstofflösungen wahrnahmen, daß die Pflanzen nur so lange grün blieben, als sie vom Samen her noch Reservestoffe erhielten. Nach dieser Zeit entwickelten sich Blätter, die nur noch an der Spitze grün und an der Basis schon gelblich waren, bis die nächsten Blätter gleichmäßig icterisch erschienen. Ähnliche, zuerst streifenweise auftretende Verfärbungen zeigten erwachsene Pflanzen, die sich erst normal entwickelt hatten und dann in eisenfreie Nährlösung gebracht wurden. Es trat dabei Taubblütigkeit ein, und die Produktion an Trockensubstanz war eine wesentlich geringere. Frank[5]) beobachtete bei Eisenmangel die überall bemerkbare Hungererscheinung, daß die neu entstehenden Blätter die älteren aussaugten, die unter Entfärbung abstarben. Bei den icterischen Organen sind die Chlorophyllkörner von normaler Gestalt, aber vielleicht an Zahl und Größe etwas geringer; ihre Farbe aber ist bleich. Wenn auch der Chlorophyllfarbstoff an sich kein Eisen enthält[6]), so wird doch durch das Fehlen desselben der ganze Ernährungszustand des Chlorophyllkorns geschwächt. Aber zunächst ist der Chloroplast normal geformt vorhanden und wird erst später zerstört. Dadurch unterscheiden sich die Hungererscheinungen von der enzymatischen Albicatio.

Um nun die durch ähnliche Symptome zu Verwechslung Veranlassung gebenden Erscheinungen nicht trennen zu müssen, erwähnen wir hier noch den Icterus durch Kälte. Wir sehen in kalten, nassen Perioden bei den meisten unserer Kulturpflanzen ein allmähliches Vergilben, das mit dem Steigen der Temperatur von selbst verschwindet. Oftmals kommen im Frühjahr die Blattkegel unserer Blumenzwiebeln gelb aus der Erde, und erst, wenn es wärmer wird, schieben sich die jüngeren Blatteile in normaler Grünfärbung allmählich nach (vgl. weiteres bei Ergrünungsmangel).

Von dieser vorübergehenden Gelbsucht ist die chronische zu unterscheiden, bei welcher die gelb hervorgetretenen Blatteile auch gelb bleiben. Dieser Fall ist zu beobachten, wenn eine plötzliche, stärkere Kältewirkung die jugendlichen Zellen trifft und die Chloroplasten zerstört. Man sieht dann an Stelle derselben nur noch feinkörnige, gelbliche Gruppen bisweilen neben gelben Tropfen, und diese Partien erholen sich später nicht

[1]) Gris, A., Ann. scienc. nat. 6. ser. VII (1857), S. 201.

[2]) Vgl. auch Mazé, P., Über Pflanzenchlorose. Comptes rend. hebd. des séances de la Soc. de Biologie Bel. LXXVII. 1914, S. 539—41.

[3]) Knop (Jahresbericht f. Agrikulturchemie 1868/69, S. 288) beobachtete bei solchen Versuchen, daß das in die Pflanze kommende Eisen in dem Zellsafte nicht nachgewiesen werden konnte, also in einer gebundenen Form vorhanden ist. Im Jahre 1860 (Bot. Z. S. 357) stellten Weiß und Wiesner fest, daß Eisen nur in unlöslichen Verbindungen vorkommt, und zwar sowohl im Inhalt als auch in der Wandung älterer Zellen.

[4]) Experimentalphysiologie S. 144.

[5]) Krankheiten der Pflanzen. I (1895), S. 290.

[6]) Molisch, Die Pflanzen in ihren Beziehungen zum Eisen. 1892, S. 81. — Derselbe, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei, 4. Aufl., S. 8ff.

mehr. An den Übergangsstellen in die von der Erde geschützt gewesenen ergrünenden Blatteile erkennt man farblose, verquollene und hellgrüne Chlorophyllkörner, die später zum Teil nachgrünen.

Bei Einwirkung plötzlicher, mehrstündiger Kälte sah Haberlandt[1]) erst bei —4 bis 6° C eine merkliche Veränderung und erst bei — 12 bis 15° C eine totale Zerstörung der Chlorophyllkörner (mit Ausnahme derer bei immergrünen Pflanzen) eintreten. Es entstand bei Vacuolenbildung eine Verzerrung der Form der entweder in die Seitenstellung (apostrophe) übergehenden oder sich klumpig ballenden Körner, von denen übrigens die mit Stärkeeinschlüssen versehenen schneller zerstört wurden als die stärkelosen. Bei den Blättern von *Viola odorata* konnte ein durch das Alter des Blattes erzeugter Unterschied betreffs der Zerstörbarkeit des Chlorophylls nicht wahrgenommen werden.

Wir werden diesen Gegenstand noch einmal bei der Kältewirkung berühren. Gelblaubigkeit im Frühjahr als Nachwirkung von Froststörungen findet man in Baumschulen häufig bei Birnen.

Sehr geneigt zum Icterus ist der Weinstock. Hier sind verschiedene Faktoren als Ursache erkannt worden[2]). Bei Fällen, die von Mach und Kürmann[3]) in den Weinbergen Tirols beobachtet worden sind, ergab die Analyse dicht nebeneinanderstehender grüner und icterischer Stöcke:

Wassergehalt der gelben Blätter	77,97 %
Wassergehalt der grünen Blätter	73,17 %

An organischer Substanz und in dieser an Stickstoff besaßen die grünen Blätter einen größeren Prozentsatz der Trockensubstanz, an Asche dagegen einen bedeutend geringeren. In der Asche der gelben Blätter zeigten sich sechsmal so viel in Salzsäure unlösliche Mineralbestandteile als in jener der grünen; dagegen war der Kaligehalt in den ersteren geringer. Ein Begießen mit Stalljauche wirkte günstig. Einen ähnlichen Fall beschreibt E. Schulze[4]). Blätter und Rebholz der kranken Stöcke enthielten nur halb so viel Kali wie die der gesunden Stöcke, welche sich dagegen ärmer an Kalk und Magnesia erwiesen. Außer diesem Icterus aus Kalimangel wird auch durch zahlreiche Beobachtungen eine Gelbsucht des Weines infolge von Kalküberschuß festgestellt. Es scheint, daß nicht die Kalkmenge an sich der schädigende Faktor ist, sondern hauptsächlich der Kalimangel, da Kalkböden in der Regel arm an Kali sind. Wir kommen auf diesen Fall im Abschnitt vom Kalküberschuß zurück.

Eine häufige Ursache ist ferner der Stickstoffhunger. Derselbe äußert sich, abweichend von Erscheinungen des Mangels an anderen Nährstoffen, nicht im Absterben der Pflanze im jugendlichen Alter, sondern nur in einer Verlangsamung des Wachstums und Reduktion sämtlicher Organe auf ein Minimum (vgl. S. 235f).

[1]) Haberlandt, Über den Einfluß des Frostes auf die Chlorophyllkörner. Österr. Bot. Zeit. XXVI (1876), S. 249—55; vgl. Bot. Jahresbericht 1876, S. 718.

[2]) Vgl. neuerdings K. Müller, Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung, S. 75, der besonders den zu hohen Gehalt des Bodens an kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia (vgl. unten bei Überschuß) und daneben die Bodennässe verantwortlich macht. Auch 2. Aufl.

[3]) Biedermanns Centralbl. 1877, S. 58.

[4]) Zeitschr. d. landwirtsch. Centralver. für das Großherzogtum Hessen. Vgl. Centralbl. f. Agrikulturchem. 1872, S. 99.

Daß auch durch die Trockenheit eine Gelbfärbung der Rübenblätter verursacht werden kann, ist eine bekannte Tatsache, so daß wir nur ein recht bezeichnendes Beispiel anzuführen brauchen. Im Jahre 1896 litten (nach Troude[1]) die Rüben in Frankreich, namentlich im nördlichen, in ausgedehntem Maße an Gelblaubigkeit. Die Erscheinung trat im Juni nach längerer Periode intensiver Trockenheit auf und breitete sich besonders in sonnigen Lagen und auf leichten Böden aus, während Gegenden mit feuchtem, maritimem Klima nur geringe Erkrankung zeigten. Der Zuckergehalt des langsam wachsenden Rübenkörpers war um 2—3 % geringer als bei den gesunden Exemplaren.

Bei einem Rückblick auf die soeben angeführten Einzelfälle kommen wir zu der Überzeugung, daß der Icterus eines der weitestverbreiteten Symptome bei Assimilationsstörungen ist. Einen Schluß auf eine bestimmte Ursache läßt aber das Auftreten der Gelbsucht zur Zeit nicht zu. Hin und wieder trifft man unter völlig normalen Kulturen, auch bei langlebigen Blattpflanzen (z. B. öfter bei *Phoenix Canariensis*) bleichsüchtige (hellgrüne) Individuen, deren Farbe auch bei Düngung sich nicht wesentlich ändert.

Mangel an Phosphor und Schwefel.

Die früher durch die makrochemischen Arbeiten von Ritthausen festgestellte Verteilung des Phosphors in der Pflanze ist später durch Lilienfeld und Monti sowie durch Pollacci[2]) mikrochemisch nachgewiesen worden. Letzterer fand, daß im allgemeinen die Zellwände frei von Phosphor sind, daß dagegen das Protoplasma, namentlich aber der Zellkern samt den Chromatinkörpern dieses Element reichlich enthält. Die Kristalloide und Globoide der Aleuronkörner sind gleichfalls phosphorhaltig. Somit sind die Proteinsubstanzen ganz besonders abhängig von den vorhandenen Phosphorsäuremengen, und deren Mangel wird sich namentlich bei der Blütenanlage und Samenausbildung zur Geltung bringen. Nach den Nobbeschen Vegetationsversuchen[3]) erscheint der Phosphor bei der Bildung des Chlorophyllfarbstoffs unbeteiligt; es zeigte sich bei Eichen, die seit drei Jahren in phosphorsäurefreier Nährlösung standen, das Laub noch tiefgrün. Bei anderen Pflanzen sah Nobbe schließlich eine tief orangerote Farbe der Blätter und Stengel eintreten. Eine Produktion von neuer Trockensubstanz findet nicht oder nur äußerst minimal statt. An seinen Kiefernaussaaten bemerkte Möller[4]) bei Phosphorsäuremangel eine blaurote (stumpfviolette) Nadelfärbung. Bei zweijährigen Pflanzen war das Violett mehr zum Olivenbraun neigend.

Auf Phosphorsäuremangel möchte Löschnig[5]) eine eigenartige Verkümmerung der Aprikosenblüte zurückführen; der Griffel blieb sehr kurz oder verkümmert, durch eigenartige Krümmung der Staubfäden ist eine Bestäubung ausgeschlossen. — Das „Abstoßen der Pflaumen zur Zeit der Steinbildung" ist nach Bartz[6]) in der Regel eine Folge von Phosphorsäuremangel (vgl. indessen oben S. 266, Trockenheit).

[1]) Troude, La sucrerie indigène et coloniale 1896. Vgl. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. 1897, S. 55.
[2]) Pollacci, G., Sulla distribuzione del fosforo nei tessuti vegetali. Malpighia. VIII (1894), S. 361—79. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. V, 1895, S. 299.
[3]) Döbner-Nobbe, Botanik für Forstmänner. 4. Aufl., S. 317.
[4]) Karenzerscheinungen usw. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1904, S. 745.
[5]) Löschnig, J., Die Verkümmerung der Aprikosenblüte. Zeitschr. für Garten- und Obstbau. Wien I (1920), S. 27f., mit Figuren.
[6]) Bartz, H., Gartenwelt XXIV (1920), S. 178f.

Bei den Mitteilungen über Verfärbungserscheinungen, welche bei Mangel einzelner Nährstoffe sich einstellen, darf man nicht die bei einer Pflanzenart erhaltenen Resultate auf eine andere Art übertragen, da die Verfärbung nicht überall dieselbe ist. Betreffs der Phosphorsäure sah Sorauer bei Mangelpflanzen von Rüben, Erbsen und Serradella, daß sie in graugrüner Farbe vertrockneten, wobei sie vorher fahlgrün, aber nicht gelb geworden waren. Bei Stickstoffmangel verfärbten sich dieselben Arten rein quittengelb.

Bei dem Mangel an Schwefel in einer Nährlösung sah Nobbe eine etwas bessere Entwicklung; doch erreichten seine Versuchspflanzen kaum die Hälfte der normalen Höhe, und die gelbgrünen Blattflächen zeigten dementsprechend geringe Entwicklung. Stärke wenig und kleinkörnig. Die Zellteilung wird wesentlich beeinträchtigt. Die Fruchtbildung kommt nicht oder nur sehr mangelhaft zustande.

Über den Einfluß von Mangansulfat auf die Dörrfleckenkrankheit vgl. neuerdings Scherpe[1]).

Drittes Kapitel.

Wasser- und Nährstoffüberschuß.

1. Allgemeine Erscheinungen des Nährstoff- oder Wasserüberschusses[2]).

a. Produktionsänderungen an der ganzen Pflanze.

Erhöhung der Nährstoffkonzentration.

Unter den in diesem Kapitel zu besprechenden Krankheitserscheinungen müssen wir außer den Allgemeinerkrankungen auch noch einige Fälle behandeln, bei denen ein Überschuß im Pflanzenleibe nur stellenweise zum Ausdruck gelangt. Die Wurzeltätigkeit braucht dabei nicht erhöht zu sein; eine Anhäufung etwa von Wasser kommt vielmehr dadurch zustande, daß die Verdunstungstätigkeit der Blätter herabgedrückt wird. Es müssen Turgorsteigerungen in einzelnen Organen oder Organteilen sich einstellen, wie man solche auch künstlich an abgeschnittenen Blättern durch gesteigerte Wasserzufuhr erzeugt. Mithin bleibt zu beachten, daß vielfach die Luftfeuchtigkeit ausschlaggebend mitspricht. Umgekehrt ist in anderen Fällen, bei denen es sich um Nährstoffüberschuß handelt, darauf aufmerksam zu machen, daß derselbe nicht immer eine absolute Anhäufung im Boden voraussetzt, sondern auch dann eintritt, wenn das Lösungsmittel, das Wasser, vorübergehend in zu geringer Menge vorhanden ist und dadurch eine schädlich hohe Konzentration der Bodenlösung zustande kommt[3]).

Für unsere Kulturpflanzen gilt sicher das Gesetz, daß sie alle ziemlich dasselbe Nährmaterial beanspruchen, aber in verschiedener Konzentration, und daß auch ihre Fähigkeit, Anhäufungen einzelner Stoffe zu ertragen, ausschlaggebend für das Gelingen der Kulturen ist. Dabei ist nicht zu vergessen, daß weder die absolute Menge eines Nährstoffes, welche überhaupt schadlos ertragen werden kann, noch auch diejenige Quantität

---

[1]) Scherpe, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXIII (1923), S. 30.

[2]) Über Land- u. Wasserformen vgl. u. a. Küster, Patholog. Pflanzenanatomie, S. 47 ff.

[3]) Vgl. A. Emmerling, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Vorgänge in der Pflanze. Landwirtsch. Versuchsstationen, XXX, Heft 2 (1884), S. 109.

eines Nährstoffes, welche sich als die für die Produktion beste (optimale) erweist, für eine bestimmte Pflanze absolut feststehende Größen darstellen. Vielmehr ist anzunehmen, daß je nach der Kombination, in welcher die übrigen Vegetationsbedingungen augenblicklich vorhanden sind, das Bedürfnis nach einem bestimmten Nährstoff sich beständig ändert. Daher gibt es immer nur relative Optima und Maxima für jeden Vegetationsfaktor. Je nach der augenblicklichen Kombination der Vegetationsfaktoren ändern sich der Produktionsmodus und das Produkt, nämlich der Pflanzenleib; daher ergibt die morphologische, anatomische und chemische Analyse für jedes Individuum andere Werte.

Jede Konzentrationsänderung in demselben Nährstoffgemisch ändert schon den Wachstumsmodus und spricht sich unter Umständen direkt im Verhalten der Wurzelhärchen aus, wie Stieler[1]) angibt. Bei den noch im Wachstum begriffenen Wurzelhärchen sah er bei jedem Wechsel der Lösung eine Veränderung (Verstärkung) der Membran an der Kuppe der Wurzelhärchen; unter Umständen kann sogar Wachstumsstillstand eintreten. In wässerigen Lösungen der Elektrolyte bilden bei manchen Pflanzen die Wurzelhärchen blasenartige, unregelmäßige Erweiterungen, ja, sie können selbst an der Kuppe oder (selten) an der Seite zerplatzen. Die Nichtelektrolyte üben nur dann einen schädlichen Einfluß aus, wenn sie giftig wirken oder in zu hoher Konzentration vorhanden sind, wobei Plasmolyse eintritt. Besonders beachtenswert ist die Beobachtung, daß konzentrierte Magnesiumverbindungen sich direkt giftig erweisen können, was bei anderen Nährsalzen selbst bei hoher Konzentration nicht wahrzunehmen war.

Es findet durch diese Untersuchungen nach Sorauers Beobachtungen eine Bestätigung, daß bei hochkonzentrierter Nährstofflösung „knorrige oder aufgeblasene" Wurzelhaare auftreten und diese somit ein Symptom dafür bilden, daß die Pflanze mit Schwierigkeiten bei der Nahrungsaufnahme zu kämpfen hat. Bei zahlreichen überdüngten Heidepflanzen beobachtete Graebner auch Deformationen der Wurzelhaare[2]) oder an *Calluna* u. a. Verkrümmungen und Ausbeulungen der feinen Wurzelspitzen.

Betreffs der Getreidearten weisen die Versuche darauf hin, daß z. B. Hafer schon durch Nährstoffmengen leiden kann, die für Weizen erst eine volle Produktion zulassen. Daher versagt manchmal der Hafer auf Parzellen, die allmählich in zu hohen Düngungszustand gelangt sind. Die Messungen der Transpirationsgröße zeigten, daß die Pflanze zur Produktion von 1 g Trockensubstanz in konzentrierteren Lösungen weniger Wasser als in sehr verdünnten braucht. Daraus ergibt sich, daß bis zu einem bestimmten Grade die Düngung eine Wasserersparnis bedeutet[3]).

Entsprechend der erwähnten Veränderung der Wurzelhaare ändern sich durch die Konzentration allmählich auch der Bau und die Menge des ganzen Wurzelapparates. Sehr bezeichnend sind dafür die Versuche von Schwarz[4]) mit Kiefern. Es zeigte sich auch bei dem Nadelholz eine bei anderen Pflanzen schon früher festgestellte allmähliche Abnahme des

[1]) Stieler, G., Über das Verhalten der Wurzelhärchen gegen Lösungen. Dissertation. Kiel 1903. Vgl. Bot. Centralbl. v. Lotsy 1904, Nr. 47, S. 541. Vgl. auch Graebner 1895 ff.

[2]) Über deformierte Wurzelhaare vgl. auch Küster, Pathol. Pflanzenanat., S. 120 ff.

[3]) Sorauer, P., Über Mißernten bei Hafer. Österr. Landwirtsch. Wochenbl. Nr. 2/3. 1888.

[4]) Schwarz, F., Über den Einfluß des Wasser- und Nährstoffgehaltes des Sandbodens auf die Wurzelentwicklung von Pinus silvestris im ersten Jahre. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Januar 1892.

Wurzelumfangs bei Steigerung des Salzgehaltes im Boden. Damit verschiebt sich das Verhältnis zwischen oberirdischer und unterirdischer Achse. Während im ungedüngten Sande das Gewicht des Wurzelsystems der Kiefernsämlinge größer als das der oberirdischen Teile war, betrug bei reichlicher Nährsalzzufuhr das Gewicht des Wurzelkörpers nur ein Fünftel von dem der oberirdischen Achse. Hier macht sich also die dem Stickstoffmangel (vgl. S. 306) entgegengesetzte Wirkung der Kurzwurzeligkeit bemerkbar.

Selbst bei Kohlgewächsen, die man durch die Kultur allmählich zur Verwertung der höchst zulässigen Konzentrationen gewöhnt hat, findet schließlich eine Überfütterung und damit ein Rückgang der Produktion statt. So erwiesen sich die Kohlrabipflanzen besonders empfindlich gegen starke Phosphorgaben, während sie hohe Stickstoff- und Kalidüngung neben der entsprechenden Kalkgabe geradezu haben müssen[1]). Simon[2]) hat gleichfalls an einer Reihe von Zier- und Nutzpflanzen gezeigt, daß zu konzentrierte einmalige oder seltenere, anstatt öfter wiederholter schwächerer Gaben von Nährsalzen Störungen des Gleichgewichtszustandes im Boden und Schädigungen der Wurzeln veranlassen.

Veränderungen der Wiesen.

Die Methode, saure und sandige Wiesen durch Düngung zu verbessern, beruht im wesentlichen auf einer Erhöhung der Nährstoffkonzentration. Es siedeln sich dann unsere guten Futtergräser mit höherem Nährstoffbedürfnis und reicherer Produktion an Trockensubstanz an, und die sauren Gräser und die des sterilen Bodens werden unterdrückt. Sehr instruktive Versuche über permanente Wiesen liegen von Lawes und Gilbert[3]) vor. Wir entnehmen daraus nur ein Beispiel, um zu zeigen, wie die einzelnen Grasarten in denjenigen Nährlösungen, von denen sie eine höhere Konzentration vertragen, allmählich an Übergewicht gewinnen. Es fand sich bei nachstehenden Düngungen folgender Prozentsatz der einzelnen Grasarten bei hundert Pflanzen.

Bezeichnung der Grasarten	ohne Düngung	Ammoniaksalze allein	Mineraldünger allein[4])	Mineral- u. Ammoniakdüngung	Mineral- u. doppelte Ammoniakdüngung	Stallmist allein	Stallmist mit Ammoniakdüngung
Festuca duriuscula .	13,04	21,42	12,00	2,98	0,79	0,22	0,19
Agrostis vulgaris. .	8,62	21,29	2,76	11,55	9,15	1,38	0,78
Lolium perenne . .	8,62	3,39	3,03	11,89	8,60	2,59	2,73
Holcus lanatus . .	4,97	9,68	4,86	11,06	8,82	2,17	2,01
Dactylis glomerata.	1,76	2,27	2,79	5,04	23,58	4,85	16,86
Poa trivialis. . . .	1,50	1,61	5,77	12,00	15,47	27,43	29,34
Bromus mollis . .	0,08	0,15	0,63	2,21	0,93	9,64	12,53
Anthoxanthum odoratum	3,29	2,41	0,80	0,49	0,10	0,19	0,06

[1]) Otto, R., Vegetationsversuche mit Kohlrabi usw. Gartenflora 1902, S. 393.

[2]) Simon, J., Düngungsversuche mit Nährsalzgaben steigender Konzentration. Flora, Dresden, XIII, S. 119, mit 6 Tafeln.

[3]) Nach Journal of the Royal Agric. Soc. of England und Proceedings of the Royal Hort. Soc. 1870, vgl. Biedermanns Centralbl. 1876, 2, S. 405.

[4]) Unter Mineraldüngung verstehen die Verfasser eine Mischung von Superphosphat mit schwefelsaurem Kali, schwefelsaurem Natron und schwefelsaurer Magnesia.

Aus der Gräsertabelle sehen wir, wie die auf sterilem Sandboden schnell sich ausbreitende *Festuca duriuscula* verschwindet, wenn die Konzentration der Stickstofflösung und gleichzeitig die der Mineralsubstanzen zunimmt. Dasselbe Verhalten zeigen *Agrostis vulgaris* und *Anthoxanthum odoratum*, während umgekehrt die Mastpflanzen unserer Rieselwiesen, *Dactylis glomerata* und *Poa trivialis*, in den fünf Versuchsjahren, deren Ergebnis die Tabelle darstellt, sich immer reichlicher auf den stark mit Stickstoff gedüngten Parzellen ansiedeln und die anderen verdrängen. Das Gras der Dorfstraßen, *Bromus mollis*, beteiligt sich in hohen Prozentsätzen nur dort, wo Stallmistdüngung stattgefunden hat, während *Lolium perenne* und *Holcus lanatus* zwar überall vorkommen, aber da, wo reiche Stallmistdüngung ist, nur wenig sich ausbreiten.

Von den übrigen interessanten Beobachtungen der Verfasser mag noch angeführt werden, daß die Wiesenparzelle, welche ungedüngt geblieben war, eine große Mannigfaltigkeit in den darauf vegetierenden Familien und Arten zeigte. Das Gras war kurz, stengellos und bei der Schnittperiode verhältnismäßig sehr grün. Bei Mineraldünger gewinnen die Leguminosen die Oberhand; bei den Gramineen, die übrigens nicht eine besonders vorherrschende Gattung erkennen lassen, ist die Neigung zur Blütenentwicklung mehr ausgesprochen als im ungedüngten Lande. Umgekehrt schließen die ohne andere Beidüngung verabreichten Ammoniaksalze die Leguminosen fast gänzlich aus, und die Gramineen werden herrschender, *Festuca* und *Agrostis* erreichen ihren höchsten Prozentsatz; üppig gedeihen *Rumex*, *Carum* und *Achillea*.

Wenn Chilisalpeter allein angewendet wurde, zeigte sich im allgemeinen derselbe Effekt wie bei den Ammonsalzen; indes war bei den Gräsern besonders *Alopecurus pratensis* vorherrschend; auch machte sich eine überwiegende Neigung zur Blattproduktion gegenüber der Entwicklung der Blütenstengel bemerklich. Neben den sich etwas besser entwickelnden Leguminosen fand sich eine üppige Entfaltung der wenig nützlichen *Plantago*, *Centaurea*, *Ranunculus* und *Taraxacum*.

Die höchsten Erträge und beste Entwicklung der Gräser sah man bei Stallmist mit stickstoffhaltigem Beidünger. Die Leguminosen und andere Pflanzen wurden von den leichter als bei alleiniger Stickstoffzufuhr reifenden Gräsern überwuchert und verschwanden. Der Stalldünger allein, der auch eine beträchtliche Ernte lieferte, bei der namentlich *Bromus mollis* und *Poa trivialis*, weniger aber die Schmetterlingsblütler sich beteiligten, ließ an Feinheit und Gleichartigkeit des Heues zu wünschen übrig.

Wenn moosige Wiesen in Kultur genommen werden, so findet sich, daß das Moos eben gar keine konzentrierten Nährstofflösungen verträgt oder mindestens keine hohe Konzentration einzelner noch näher zu erforschender Nährsalze. Daraus erklärt sich das Verschwinden des Mooses von Wiesen nach Kalidüngung. Dasselbe Verhältnis wird für den Schachtelhalm Gültigkeit haben, welcher nach Chlorkalziumlösung unbedingt verschwinden soll und deshalb gegen hohe Kalkkonzentration besonders empfindlich zu sein scheint.

Der extremen Ausmagerung der Wiese, die sich durch die Moosvegetation ankündigt, steht die übermächtige Grasentwicklung an den sogenannten Geilstellen gegenüber, über die weiter unten ausführlicher gesprochen wird.

Rieselfelder.

Die Ausdehnung der Rieselfeldwirtschaft in der Nähe großer Städte erfordert, daß wir die bei diesem Betriebe unvermeidlichen Schädigungen speziell besprechen. Ehrenberg[1]) hat seine Erfahrungen betreffs der Berliner Rieselfelder mitgeteilt.

Abgesehen von der durch schnell sich wiederholenden Anbau der Kohlarten hochgradig gesteigerten Entwicklung der *Plasmodiophora Brassicae* finden sich auch Tierschäden ungemein begünstigt. Am meisten trat die außergewöhnliche Vermehrung von *Silpha atrata* hervor, wodurch große Rübenflächen vollständig zerstört worden sind. Der Schädling findet in den faulenden organischen Stoffen der Spüljauche überreichliche Nahrung und in den Dämmen und Kanälen willkommene Schlupfwinkel gegen Kälte und Feinde. Der große Nährstoffvorrat zieht auch die Krähen aus weiter Umgebung nach den Rieselfeldern; Saatgut, wie z. B. Mais und Weizen, wird reihenweis ausgewühlt. Eine fernere Plage bilden die Ratten.

Zu diesen pflanzlichen und tierischen Schädigern gesellt sich der Wind, der hier verderblicher als auf anderem Ackerlande wirkt. Auf den Berliner Rieselfeldern wurde eine große Anzahl völlig belaubter Obstbäume trotz ihrer starken Baumpfähle umgeworfen, weil die durchnäßte Erde den infolge der Luftarmut ohnehin nicht tief gehenden Wurzeln zu wenig Halt gewährte. Beobachtet wurde dieser Fall besonders dann, wenn ein Feldstück mit den umgebenden Obstbaumalleen durch Spüljauche überschwemmt wurde.

Bei den Berieselungen während der Vegetationszeit bemerkte man bei den herangewachsenen Exemplaren von Zucker- und Futterrüben sowie von Mohrrüben und ähnlichen Wurzelgewächsen, daß dieselben es nicht vertragen, wenn die Spüljauche einige Zeit am Wurzelhalse steht. Es trat nach wenigen Stunden ein Welken der Blätter und gegen Abend sogar ein Erschlaffen der Blattstiele ein. Halmfrüchte, Gras, Hülsenfrüchte und andere Gewächse ohne fleischigen Wurzelkörper zeigten die Erscheinung nicht. Wahrscheinlich handelt es sich hier um ein physiologisches Welken, indem der bei jeder fleischigen Wurzel spärliche Wurzelfaserapparat aus der hochkonzentrierten Bodenlösung nicht imstande ist, genügend Wasser loszureißen, um den Verdunstungsverlust zu decken. Wenn durch die Absorption der Erde die Bodenlösung an Konzentration verlor, verschwand das Welken wiederum.

Zur Vermeidung dieses Übelstandes wird der Anbau auf meterbreiten Dämmen vorgenommen, oder man häufelt die Rüben mit fortschreitender Entwicklung an und rieselt in den dadurch entstandenen Furchen.

Auf die Veränderung des Graswuchses ist schon an anderer Stelle aufmerksam gemacht worden. Auf den Berliner Rieselfeldern handelt es sich vorzugsweise um *Lolium Italicum*, das namentlich bei Winterberieselung vielfach gänzlich auswintert.

Die Weichheit des Grases, die sich schon durch das leichte Faulen anzeigt, wird vorzugsweise auch durch den Stickstoffüberschuß bedingt. Im Durchschnitt der Jahre 1900—1902 erhielt der Hektar Berliner Rieselland 800—1200 kg N[2]). Trotz der sehr geringen Aussaatmengen

[1]) Ehrenberg, Paul, Einige Beobachtungen über Pflanzenbeschädigungen durch Spüljauchenberieselung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XVI, 1906.

[2]) Backhaus, Landwirtschaftl. Versuche auf den Rieselgütern der Stadt Berlin im Jahre 1904.

und des weiten Standes neigen die mastigen Getreidepflanzen ungemein zur Lagerung. Die Vorgänge, die sich bei dem Lagern abspielen, hat Sorauer Gelegenheit gehabt, bei Hafer von Berliner Rieselfeldern zu studieren[1]). Es ist dabei eine eigenartige Zermürbung des Blattgewebes infolge von Bakterienarbeit auffällig. Betreffs des Verhaltens junger Saat bei Überdüngung beobachtete Sorauer bei Gerste, daß, gegenüber den normal ernährten Pflanzen, die überdüngten dunkler grün wurden, aber im Wachstum zurückblieben. Dann bekamen die Blattspitzen graugelbe Flecke und verfärbten sich schließlich gänzlich grau, wobei eine Anzahl der Sämlinge umknickte. Bald nach dem Umknicken begann der oberhalb der Knickstelle befindliche Teil zu vertrocknen. Während aber normal vertrocknende Pflanzen schließlich eine Strohfarbe annehmen, war dies hier nur bei den unteren Blättern der Fall; die oberen vertrockneten in heugrüner Färbung, weil eine Zersetzung und Auflösung des Chlorophylls noch nicht stattgefunden hatte. Wichtig ist dabei auch die Erkrankung der Gefäßbündel und die große Neigung der Pflanzen zur Verpilzung[2]).

Außer der bekannten Verzögerung der Reife des Getreides auf Rieselfeldern erwähnt Ehrenberg auch das Mißverhältnis zwischen Stroh- und Körnerernte. Bei berieseltem Hafer war das Verhältnis von Korn zu Stroh wie 1 : 3,33, bei unberieseltem wie 1 : 2,88.

Solche „Strohwüchsigkeit“ stellt sich allmählich als typische Eigenschaft heraus; denn es ergaben sieben neu bezogene Gerstensorten ein Verhältnis von Korn zu Stroh im Durchschnitt 1 : 1,75, während die auf den Rieselfeldern seit langer Zeit angebaute Sorte 1 : 2,88 zeigte. Weizen und Roggen verhielten sich ähnlich. Welche Reifeverzögerung in extremen Fällen eintreten kann, fand man bei Rotem Gebirgsweizen, der am 19. April ausgesät worden war und auf dem berieselten Felde am 13. September, auf dem unberieselten am 24. August reif war; es ergab sich also ein Unterschied von 20 Tagen.

Daß die Chlorverbindungen auf den Stärkegehalt der Kartoffeln und auch anderweitig nachteilig einwirken, findet sich an anderer Stelle erwähnt.

Als die bedeutsamste Schädigung auf den Rieselfeldern ist die „Verschlickung“ zu bezeichnen. Die Spüljauche enthält neben den großen Mengen von Kochsalz und anderen Salzen sehr viel organische Substanz, besonders Papierreste, Kaffeesatz u. dgl. Im Durchschnitt ergaben sechs Untersuchungen der Berliner Spüljauche im Jahre 1902:

Organische Substanz . .	0,030 %,
Kali	0,006 %,
Natron	0,022 %,
Schwefelsäure	0,006 %,
Chlor	0,020 %.

Die Papierreste mit der organischen Substanz trocknen auf den Feldern zu zähen, dünnen Fladen zusammen, welche wegen ihres Fettgehaltes sich nur schwer zersetzen und mit den Salzen und organischen Stoffen durchtränkt den Schlick darstellen, der bodenverschlechternd wirkt. Der hohe Gehalt an Salzen wird durch Basenaustausch leicht ein Auswaschen des Kalkes verursachen.

[1]) Sorauer, P., Beitrag zur anatomischen Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. Landw. Jahrbücher von Thiel. 1904, S. 593.

[2]) a. a. O. S. 646.

Daß auf verschlickten Rieselfeldern tatsächlich Kalk in die Tiefe wandert, bestätigen die Analysen[1]). Es betrug der Kalkgehalt

	Oberkrume	Untergrund
bei normalem Boden	0,153 %	0,031 %,
bei gleichem, aber verschlicktem Boden .	0,122 %	0,048 %.

Kalkzufuhr ist also bei verschlicktem Boden erwünscht, da sie physikalisch verbessernd wirkt.

Die Anreicherung an organischer Substanz durch den Schlick läßt sich aus dem Glühverlust erkennen:

Normaler Boden enthielt in der Krume . 1,994 %,
der gleiche Boden verschlickt . . . . 2,418 %.

Vegetationsversuche in Töpfen erwiesen, daß die Schlickbeigabe stets hemmend auf das Wachstum wirkte und eine Zufuhr von Ätzkalk die Wachstumsverzögerung nicht zu beseitigen vermochte. Die Hemmung in der Entwicklung bestand nicht in dem Auftreten positiver Krankheitssypmtome, sondern nur in verspätetem Aufgang des Samens und allgemeiner Depression des Wachstums. Die Erklärung der Erscheinung ist auf physikalischem Gebiete zu suchen. Die durch ihre festverklebten Bestandteile und ihren Fettgehalt für Wasser und Luft sehr undurchlässigen Schlickstücke hemmen die Wurzeln in ihrer Ausbreitung (besonders nach unten) und bilden große Hindernisse für das herabsinkende und aufsteigende Wasser. Vgl. Kapitel 1.

Nässe.

Der bei stagnierender Nässe[2]) sich einstellenden Vergilbungs- und Zersetzungserscheinungen ist schon bei Besprechung der Nachteile luftarmer Böden gedacht worden. Es handelt sich nun hier darum, durch ein Beispiel darauf hinzuweisen, wie der Wasserüberschuß ähnlich wie Wassermangel retardierend auf die Produktion wirkt. So zeigen die Versuche von Stahl-Schroeder[3]) mit Hafer in Gefäßen mit sterilem Dünensande, dem Nährstofflösung zugesetzt worden war, folgendes Resultat.

Es produzierten bei Wassergaben:

% der vollen Wasserkapazität des Sandes	Körnerzahl	Gewicht von 1000 Körnern g	Stroh- u. Spreugewicht g	Mittlere Länge der Pflanzen cm	Asche %	Phosphorsäure %	Stickstoff %
35	84	15,5 (berechnet)	6,2	49	?	?	3,752
50	1723	21,6	73,9	102	2,933	1,144	2,915
70	2074	18,5	101,8	140	2,712	1,090	2,501
90	1827	16,3	115,0	157	3,007	1,207	2,407
95	469	11,1 (berechnet)	90,8	162	5,892	1,847	3,444

Es zeigten also nur die Gefäße mit mittlerem Wassergehalt gute Körnerernten. Bei größerem Wassergehalt sinkt die Körnerernte, während der Strohertrag weiter steigt. Bei Wassermangel (35 %) und Wasserüber-

---

[1]) Backhaus a. a. O. S. 69 u. 114.
[2]) Vgl. auch Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl. (1920), S. 117.
[3]) Siehe Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchem. 1905, Heft 2.

schuß (95%) im Sande kamen die Körner überhaupt nicht zur Reife. Je schlechter das Wachstum der Pflanzen, desto größer ihr prozentischer Aschengehalt, ihr Phosphorsäure- und Stickstoffreichtum.

Das Faulen von Wurzeln der Stachelbeeren nach ungenügendem Wasserablauf mit nachträglicher Ansiedlung von *Fusarium* in Holland beschreibt Ritzema Bos[1]). Ähnliche Erscheinungen durch Versumpfung usw. vgl. Kapitel 1, S. 101ff.

Das Verkümmern von Kiefernsämlingen mit Verfärbung der Nadeln und krankhafter Ausbildung von Harzkanälen im Stengel infolge zu großer Feuchtigkeit in den Saatbeeten beschreibt Killian[2]).

Dränzöpfe.

In den nassen luftarmen Böden finden wir, wie oben im ersten Kapitel auseinandergesetzt, stets eine mangelhafte Entwicklung des Wurzelsystems; dasselbe ist in überdüngten Böden, in dauernd trockenen und durch Gifte (Leuchtgas usw.) verdorbenen Böden der Fall, wie noch später gezeigt werden soll. Ob nun in einem dieser Böden, wie in den nassen, Dränröhren gelegt sind oder aber, wie in den Straßen, Wasserleitungs- und Kanalisationsröhren, in beiden Fällen bewegt sich in den Röhren neben dem Wasser reichlich Luft resp. Sauerstoff. Die Dränröhren und Kanalisationsrohre sind meist nicht ganz mit Wasser gefüllt; das Wasserleitungswasser ist sauerstoffreich. Wenn also an die Zwischenräume der Dränröhre oder eine Undichtigkeit der Wasserleitung, aus der Wasser heraussickert, eine Wurzel herankommt, wird sie sofort schnell hineinwachsen und in der sauerstoffreichen Umgebung sich reichlich verzweigen, so daß sehr bald das ganze Rohr ausgefüllt ist. Es ist natürlich eine irrtümliche Annahme, daß die Wurzeln sich in unverletzte Leitungsrohre hineinbohren können, es muß stets eine wenn auch kleine Spalte oder ein Loch vorhanden sein, in das die Wurzel eindringt. Daß diese nachher durch ihr Dickenwachstum die Spalte gewaltig erweitern kann, ist selbstverständlich.

Überall, wo flachstreichende Dräns sich durch das Wurzelwerk perennierender Pflanzen hinziehen, kann der Fall eintreten, daß eine Verstopfung der Dränstränge durch ungewöhnlich üppige Wurzelwucherung sich einstellt. Die peitschenförmig langen, sehr schlanken, verhältnismäßig dünnen und strangartig aneinandergelegten Wurzeläste bilden auf diese Weise Zöpfe von 10 und mehr Metern Länge und einer Dicke, die durch die Weite der Röhren gegeben ist. Die gefährlichsten Bäume scheinen Weiden und Pappeln (!) zu sein; denn von ihnen dürften die meisten Dränzöpfe herrühren; indes ist keine Pflanze von der Beteiligung ganz auszuschließen, Straßenbäume aller Art wachsen in die Wasserröhren und in die Kanalisation hinein, und Magnus[3]) fand beispielsweise einmal sehr üppig vegetierend das Rhizom vom Schachtelhalm (*Equisetum palustre*) in einem solchen Zopfe. Cohn[4]) erhielt einen Dränzopf, der aus einer 125 cm tief gelegten Röhre stammte und ganz aus den Verzweigungen des Wurzelstockes eines einzigen *Equisetum* bestand, von dem ein 12 m langes Stück freigelegt werden konnte.

[1]) Instit. f. Phytopath. Wageningen. Verslag 1907. Wagen 1908.

[2]) Killian, Erkrankungen von Kiefernsämlingen in den gräfl. Thiele-Wincklerschen Forsten. Ber. Lehranst. f. Obst- u. Gartenb. Proskau 1916/17. Berlin, Paul Parey, 1919, S. 117ff., mit 2 Abb.

[3]) Sitzungsber. d. Bot. Vereins Prov. Brandenb. vom 26. Mai 1876, XVIII, S. 72.

[4]) Verh. Schles. Ges. vaterl. Kultur. 25. Oktober 1883.

Durch die Versuche von Müller-Thurgau, der einzelne Wurzeläste derselben Pflanze teils in Nährlösung, teils in destilliertes Wasser tauchen ließ und in ersterer jedesmal ein stärkeres Wachstum wahrnahm, ist konstatiert, daß eine lokale Wachstumssteigerung der Wurzel dort angeregt werden kann, wo dieselbe mit Nährstoffen bereicherte Lokalitäten trifft, vorausgesetzt natürlich, daß der nötige Sauerstoff vorhanden ist.

Wo sich bei wiederholtem Auftreten von Dränzöpfen das Entfernen der gefahrbringenden Gehölze mit ihren Wurzeln nicht vermeiden läßt, muß dies durch Ausroden und nicht durch Abhauen geschehen. Können Bäume stehen bleiben, so ist (namentlich bei Doppeldränage) die Vertiefung der flach (in der Regel zwischen 80—90 cm) gelegenen Stränge auf das Niveau des tiefer (1,5 m) laufenden Strangsystems ratsam; Wasserleitungsröhren müssen vollkommen wasserdicht gemacht, etwa mit Goudron vergossen oder mit vegetationsfeindlichen Stoffen, wie Karbolineum usw., gestrichen werden, so daß die Wurzeln sich lange Zeit von ihnen fern halten, da der umgebende Boden vergiftet ist.

Überdüngtes Saatgut.

Die irrtümliche Anschauung, daß man durch reiche Düngung die Pflanzen zu unbegrenzter Vervollkommnung führen könne, hat das Bestreben erzeugt, dem Samen schon bei der Aussaat eine Nachhilfe durch Dünger zu geben. Man hat entweder den Weg des „Kandierens" der Samen, d. h. des Überziehens der einzelnen Samenkörner mit einer Nährstoffkruste gewählt oder sich des Einquellens in mehr oder weniger hochkonzentrierte Nährsalzlösungen bedient. Hierbei ließ sich denn alsbald die Erfahrung machen, daß solche Unterstützung teils nutzlos, teils schädlich ist.

Die Düngungsversuche mit Rüben, welche von Fremy und Déhérain ausgeführt wurden, geben schon einigen Aufschluß über diesen Punkt. Es zeigte sich, daß schwefelsaures Ammoniak und die Kalisalze einen schädlichen Einfluß auf den Keimungsvorgang ausüben. Schon bei einer Konzentration von 2‰ sahen die Versuchsansteller die Keimung ganz ausbleiben. Mit Bohnen, Erbsen, Mais, Raps, Roggen und Weizen vorgenommene Einquellungsversuche von Tautphöus[1]) ergaben das Resultat, daß die in destilliertem Wasser eingequellten Samen am besten keimten, und daß die Keimfähigkeit um so mehr herabgedrückt wurde, je konzentrierter die Salzlösungen (Chlorkalium, Chlornatrium, Natronsalpeter, schwefelsaures Kali, phosphorsaures Kali und schwefelsaurer Kalk in Lösung von 0,5—5,0%) wurden. Raps keimte in einer 2%igen Lösung fast noch ebensogut wie in destilliertem Wasser, während die übrigen Samen schon in einer 0,5%igen Lösung wesentliche Beeinträchtigung zeigten. Auffallenderweise war die Entwicklung der Keimpflänzchen in 3%iger Kochsalzlösung bedeutend üppiger als in destilliertem Wasser.

Fleischer[2]) berichtet über einen in Ostpreußen ausgeführten Saatdüngungsversuch mit Kainit und Superphosphat bei Kartoffeln, von denen ein bedeutender Prozentsatz nicht ausgetrieben hatte, sondern noch als unverändertes Saatgut zur Zeit der Ernte im Boden zu finden war. Die

---

[1]) Tautphöus, v., Die Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben. München 1876. Vgl. Bot. Jahresber. 1876, 2, S. 117.

[2]) Beobachtungen über den schädlichen Einfluß der Kainit- und Superphosphatdüngung auf die Keimfähigkeit der Kartoffeln. Biedermanns Centralbl. 1880, S. 765.

Analyse dieser Knollen ergab im Verhältnis zu den in den Wolffschen Aschenanalysen gegebenen Durchschnittswerten einen mehr als doppelt so großen Gehalt an Reinasche; das Kali verhielt sich auf tausend Teile Trockensubstanz bei den nicht gekeimten wie 37 gegenüber 22 bei den normalen. Während der Kalkgehalt fast gleich in den kranken und normalen Knollen war, erschien die Magnesia in ersteren doppelt so groß, die Phosphorsäure fast doppelt so groß und der Chlorgehalt dreizehnmal so hoch wie in den normalen Knollen. Auch die Schwefelsäure war auf das Vierfache in tausend Teilen Trockensubstanz gestiegen, so daß man sieht, daß gerade die Bestandteile des Kainits (Kali, Natron, Magnesia, Schwefelsäure und Chlor) in der Asche der nicht gekeimten Knollen eine ungewöhnliche Zunahme erfahren hatten. Im vorliegenden Falle war die Düngung im Frühjahr unmittelbar vor dem Legen der Kartoffeln erfolgt, statt daß nach Vorschrift Kainit längere Zeit vor der Einsaat in den Boden gebracht worden wäre.

In den Fittbogenschen Feldversuchen[1]) mit Hafer, der vor der Aussaat in Superphosphatbrei eingerührt worden war, zeigte die Parzelle mit kandiertem Samen weniger Ertrag als die ungedüngte Parzelle. Wurde dagegen das Superphosphat mit Sägespänen verdünnt, ergab sich die höchste Ernte. Wahrscheinlich wirkt bei der direkten Berührung mit dem Superphosphat neben dem Phosphorsäurehydrat auch das nicht selten auftretende Schwefelsäurehydrat schädlich. Auch Brügmann[2]) berichtet über die schädliche Wirkung der mit Schwefelsäure aufgeschlossenen Düngemittel; diese Wirkung war in trockenen Frühjahren recht ersichtlich, und zwar sowohl bei Wiesen- als bei anderen Kulturpflanzen.

Bei Samen wird sich der schädliche Einfluß des „Kandierens" um so weniger geltend machen, je längere Zeit dieselben im Boden liegen müssen, bevor sie aufgehen; denn dann kann ein öfterer Regen das Dungsalz in den umgebenden Erdboden besser abspülen, wie schon bei älteren Versuchen in Salzmünde[3]) gefunden wurde.

Geilstellen.

An den Stellen, wo auf dem Acker längere Zeit die Düngerhaufen vor ihrer Ausbreitung gelegen haben, sieht man nachher im Frühjahr das Getreide sich besonders üppig entwickeln; wie dunkelgrüne Haufen hebt es sich aus der Masse der übrigen Pflanzen heraus, durch die bis doppelte Höhe, die Dichtigkeit und dunkle Färbung gleich auffallend. Diese schon als Keimpflanzen überdüngten Gewächse sind, wie alle überdüngten Pflanzen, mechanisch sehr wenig fest, im wesentlichen aus weichen Geweben aufgebaut. Wenn die sommerliche Trockenheit beginnt, leiden sie ebenso, wie es oben S. 253 beim Verscheinen des Getreides geschildert wurde. Aber auch dann, wenn keine Störung durch Trockenheit eintritt, also auf feuchten Böden, versagen diese Geilstellen fast stets. Der einmal eingebrachte Dünger reicht naturgemäß für die üppige Weiterentwicklung nicht aus; die Stoffproduktion muß eingeschränkt werden und es kommt nicht zur normalen Ausbildung der Blüten und Früchte, falls nicht schon vorher durch Befall pflanzlicher und tierischer Parasiten gerade diese überfütterten Pflanzen geschädigt oder vernichtet werden.

---

[1]) Deutsche landwirtschaftl. Presse 1877, Nr. 81.
[2]) Hannoversche landwirtsch. Zeit. 1881, Nr. 12.
[3]) Jahresb. f. Agrikulturchemie 1863, S. 60.

Die Geilstellen der Wiesenpflanzen sind bereits S. 335 erwähnt. Es tritt durch das Harnlassen der Tiere eine vorzugsweise reiche Stickstoffdüngung ein und dieselbe macht sich durch üppigere Laubentfaltung geltend. Die Pflanzen haben nach Weiske[1]) nahezu doppelt so viel Proteinsubstanzen, aber etwa ein Viertel weniger von stickstofffreien Stoffen als die daneben stehenden, nicht überdüngten Pflanzen. Demgemäß fanden sich in der Asche der ersteren mehr Alkalien, Magnesia und Schwefelsäure. Die Pflanzen solcher Geilstellen bleiben trotz ihres größeren Volumens in einem zu jugendlichen Zustande und würden bei großer Ausdehnung solcher überdüngter Stellen mehr Schaden als Nutzen gewähren.

Wenn solche durch zu starke Düngung in der Entwicklung ihrer vegetativen Organe gesteigerte Pflanzen Zeit gewinnen, vollkommen auszureifen, wenn also ihre ganze Entwicklung in die für sie günstigste Jahreszeit fällt, können sie eine gute Ernte liefern. In der Regel aber wird durch die übermäßige Laubentwicklung im Sommer der Zeitraum ausgefüllt, wo die Beleuchtung und Erwärmung intensiv genug sind, um eine normale Stoffverarbeitung und Wanderung nach den angelegten Reservestoffbehältern (Samen, Knollen usw.) vor sich gehen zu lassen. Die Folge ist die mangelhafte oder gänzlich unterbleibende Entwicklung dieser Organe.

In dieser üppigen Entwicklung des Laubkörpers liegt auch ein Grund für die Unfruchtbarkeit mancher Obstpflanzen. Namentlich macht sich dies bemerkbar bei Erdbeeren, die lange Zeit gut getragen und dann plötzlich in sehr stark gedüngtes Land gesetzt werden[2]). Wenn die Kultur aber im Glauben auf unbegrenzte Ertragssteigerung zu übermäßiger Düngung hinneigt, so kann dieselbe leicht zu Krankheiten führen. Etwas anderes ist es, wenn in der möglichst üppigen und zarten Entfaltung des Laubkörpers der Kulturzweck liegt, wie bei dem Anbau der Kohlgewächse.

Eine künstliche nicht erbliche Wunderährenbildung am Petkuser Roggen durch allzu üppige Ernährung beschreibt W. A. Mitscherlich[3]).

Überdüngung bei Gemüsen und anderen Feldgewächsen.

Trotzdem unsere Gemüse sämtlich in ihrer jetzigen Form Produkte hochgradiger Kultur sind und reicher Düngung sich angepaßt haben, ja, wie oben S. 17 bemerkt, zum großen Teile bereits Überfütterungszustände darstellen, finden wir doch vielfach Fälle von Erkrankung, namentlich bei Anwendung von Fäkalstoffen. Es läßt sich dann eine Vermehrung der leicht oxydablen, an der Luft sich bräunenden Substanzen beobachten. Dabei tritt stets Bräunung der Gefäßwandungen, nicht selten auch Ausfüllung einzelner Gefäße mit tintenartiger Flüssigkeit auf. Gerade bei überdüngten Pflanzen ist bakteriose Fäulnis eine häufige Erscheinung. Am wenigsten vertragen den Nährstoff-, in erster Linie Stickstoffüberschuß die Erbsen und andere Hülsenfrüchtler; dagegen sehen wir ein hohes Anpassungsvermögen bei einigen Umbelliferen, wie z. B. bei Sellerie. Aber auch hier wird, namentlich bei den Rieselfeldkulturen, häufig genug das zulässige Maß überschritten. Wenn die fleischigen Wurzelknollen bei dem Durchschneiden ihre Schnittfläche schnell und intensiv rostfarbig werden lassen, sind sie schon in der Regel weniger wohlschmeckend. Das stärkere

---

1) Annalen der Landwirtschaft 1871. Wochenblatt, S. 310.

2) Oberdieck, Monatsschrift für Pomologie 1863, S. 280.

3) Mitscherlich, W. A., Über künstliche Wunderährenbildung. Zeitschr. f. Pflz.-züchtg. VII (1919), S. 101—109 mit 8 Abb.

Stadium, das in der Marktware großer Städte häufig zu finden ist, besteht in der vermehrten Schwammigkeit des Gewebes und reichlicher Braunfleckigkeit desselben. Selbst bei den an die höchsten Konzentrationen der Nährlösung gewöhnten Kohlgewächsen lassen sich bisweilen solche Zustände und damit in Verbindung bakteriose Fäulniserscheinungen auffinden. Hier erweist sich neben der Zufuhr von phosphorsaurem Kalk der fortwährende Gebrauch der Hacke als besonders empfehlenswert. Mit am leichtesten erkranken Kartoffeln infolge Überernährung an bakterioser Fäulnis. Auf einem frischen Komposthaufen mit Stallmist im Dahlemer Botanischen Garten gepflanzte Kartoffeln lieferten scheinbar gesunde Knollen; aber schon nach wenigen Wochen gingen alle an Bakteriosis zugrunde.

B. T. Palm und J. Vriend[1]) berichten vom Tabak, daß frisch verpflanzte junge Pflanzen infolge schlechter Verteilung von Kunstdünger unten am Stengel dicht unter der Bodenoberfläche faulige Flecken bekamen, die Blätter welkten und die Pflanze ging zugrunde.

Der zunehmende Verbrauch der Blattstiele von Rhabarber zu Frühjahrskompott hat den Anbau der Pflanzen auf Rieselfeldern veranlaßt. Sorauer konnte dabei Fälle beobachten, bei welchen ungewöhnlich dicke Stiele sich gänzlich fade im Geschmack erwiesen. Es hängt somit hier eine mangelhafte Produktion oder ein völliger Aufbrauch der organischen Säuren mit der Überdüngung zusammen. Sorauers Annahme nach ist dieser Rückgang der Säure bei Stickstoffüberschuß auch anderweitig zu finden und die Ursache des schnellen Eintritts bakterieller Fäulniserscheinungen (siehe Wirkung der Oxalsäure; S. 323ff).

Bei den Cucurbitaceen (Gurken und Melonen) kann eine an sich noch nicht gefährliche Konzentration der Nährlösung schädlich wirken, wenn die Temperatur dauernd nicht genügend hoch ist. In diesem Falle sind gummose Erscheinungen in den Früchten am häufigsten, und man bemerkt dabei Schwärzung der Gefäße.

Bei der Tabakkultur macht sich Nährstoffüberschuß durch rauhere Blätter und größeren Nikotingehalt kenntlich[2]).

Daß bei Getreide die Fäkaldüngung Lagerung und, namentlich bei Hafer, Taubheit veranlassen kann, ist bereits früher (S. 337) erwähnt worden. Einen Fall von Fäulnis der Paprikapflanze (*Capsicum annuum*) beschreibt A. Noelli[3]). Über den Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel hat neuerdings Kraft[4]) berichtet (vgl. auch unten).

Buckelung der Blätter.

Bei vielen Pflanzen macht sich eine Überfütterung durch eine eigenartige Ausbildung der Blattfläche bemerkbar; statt daß das Blattparenchym zwischen den Rippen und größeren Nerven flach ausgebreitet sich ent-

[1]) Palm, B. T., en Vriend, J., Stengelverbranding bij tabak. Deli-Proefstation te Medan. Flugschrift No. 5 (1921), vgl. O. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 29.

[2]) Schellmann, W., Der Tabak und seine Nahrungsansprüche. „Der Pflanzer". Herausg. Usambara-Post 1905, Nr. 5.

[3]) Noelli, A., Il marciume del *Capsicum annuum*. Rivista di Patologia veget. IV, S. 177ff. Pavia 1910.

[4]) Kraft, Ad., Der Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel. Arb. Forschungsinst. f. Kartoffelbau III (1920).

wickelt, ist seine Fläche vergrößert und buckelt sich daher auf. Solche aufgebuckelten Blätter werden bei unseren Gemüsen absichtlich gezogen, da die überfütterten Pflanzen ja durch den Mangel mechanischer Elemente möglichst in allen Teilen weich und zart gehalten werden müssen. Vergleicht man unsere buckelig- und krausblätterigen Salatpflanzen mit dem wilden Salat mit seinen flachen harten stachelborstigen Blättern, so ist damit das beste Beispiel für diese Überfütterungserscheinung gegeben. Daß es sich dabei tatsächlich nur um einen Ernährungszustand handelt, beweist die Tatsache, daß verwilderter Salat an Schuttstellen, Wegrändern usw., kurz auf trockenem Boden sich sofort wieder fast in die wilde borstige Urform (*Lactuca scariola*) verwandelt. Ebenso liegt die Sache beim Kohl. Unser Weißkohl mit seinem Kopf dicht gedrängter, ineinander verknäuelter, krausbuckeliger Blätter stellt ein typisches Kulturmonstrum der Überdüngung dar, ohne, wie auch der Salat usw., andere Krankheitserscheinungen zu zeigen, als daß die für den Aufbau des nächstjährigen Stengels und Blütenstandes verfügbaren Reservestoffe im Vergleich zu der Blattmasse verschwindend klein sind, weil ja nur ein kleiner Teil der Blätter je arbeitsfähig werden kann. Wie beim Salat, gehen die an trockenen Stellen verwilderten Pflanzen sofort in die flachblättrige *Brassica oleracea* über. Ganz ähnliche Erscheinungen zeigen auch andere Gemüsesorten, wie Mangold, Endivie usw.

Nicht nur an Gemüsepflanzen zeigen sich die Blattaufbuckelungen, man trifft sie auch nicht selten an anderen Nutzpflanzen, ja sogar an wilden Gewächsen. Unkräutern wie Melden usw., die an Dunghaufen gewachsen sind. Wohl am häufigsten sind sie bei Erdbeeren zu treffen, von denen schon oben S. 342 bemerkt ist, daß sie bei Überdüngung oft unfruchtbar bleiben. Namentlich wenn sie zur Treiberei vorkultiviert oder dazu angesetzt sind, werden sie leicht überfüttert mit Kuhdung und anderen Düngemitteln. Auch am Wein, beim Pfirsich usw. sehen wir bei starker Düngung solche Aufbuckelungen des Blattparenchyms. Beim Pfirsich u. a. dürfen diese Erscheinungen natürlich nicht mit der Kräuselkrankheit (s. Bd. II), die eine gewisse Ähnlichkeit damit besitzt, verwechselt werden.

Daß Blattauftreibungen durch Überfütterung bei feuchter Luft, also z. B. in den Treibhäusern leichter und stärker auftreten, ist verständlich, und es wird sich keine scharfe Grenze zwischen den Ursachen machen lassen. Beim Kapitel „Übermäßige Luftfeuchtigkeit" sind die Blattauftreibungen, d. h. Wucherungen innerhalb der Blattfläche selbst aufgeführt, und es ist nicht zu leugnen, daß gewisse dieser Wucherungen auch mit der Überfütterung (resp. „Wassersucht") zusammenhängen. Da aber die Mehrzahl dieser Erscheinungen zweifellos durch die mangelhafte Transpiration verursacht wird, erscheint es zweckmäßiger, sie dort im Zusammenhange zu behandeln und hier nur darauf zu verweisen. Um eine Krankheit wenigstens zu nennen, die sicher nur mit der Überdüngung und nichts mit Luftfeuchtigkeit zu tun hat, sei noch auf die Korkbuckel aufmerksam gemacht, die sich oft auf den Blättern der *Clivia miniata* in der Zimmerkultur ausbilden. Diese langsamwüchsige Pflanze ist auch durch kräftige Erde, Düngung usw. nicht zu intensiverem Wachstum zu bringen und leidet deshalb leicht an Überfütterung.

Einen Fall der Blattbuckelungen an *Fatsia Japonica* (*Aralia Sieboldii*), den er auf die fette Erde mit unzersetztem Dünger zurückführt, beschreibt

Sorauer[1]) als in einer Gärtnerei zahlreich aufgetreten. Die Blätter blieben kleiner, aber fleischiger und krauser und hatten stellenweise glasige Flecken. Bei manchen Blättern war die Blattfläche nahezu ungeteilt und im extremsten Falle dütenförmig eingerollt und kraus verbogen. Oberseits waren sie mit straffen kugelförmigen Auftreibungen besetzt, die sich am Rande stellenweise abflachten. Die anatomische Untersuchung zeigte, daß an den glasigen Stellen die Mesophyllzellen unter Verarmung an Chlorophyll sich nach allen Seiten hin erweiterten, so daß die Interzellularräume zum Verschwinden gebracht werden. Der Protoplasmagehalt schien vermehrt; die Stärke, welche im angrenzenden normalen Gewebe reichlich zu finden war, fehlte gänzlich. Die Überverlängerung der Mesophyllzellen begann meist in der Nähe einzelner Gefäßbündel. Die hypertrophierenden Zellen fächern sich quer zur Richtung ihrer größten Längsausdehnung.

Auch die Gelbfleckigkeit (Aurigo) mancher Pflanzen, namentlich Topfpflanzen, hängt außer der Überernährung sicher besonders häufig mit zu feuchter Luft zusammen, und da die feuchte Atmosphäre die Verdunstung natürlich stark herabsetzt, werden alle derartigen Erscheinungen zu starker Wasser- und Nährstoffzufuhr und den damit verbundenen Aufstau von assimilierter und namentlich unassimilierter Substanz („Wassersucht"), wie oben bemerkt, sich bei Kulturen in feuchter Luft besonders steigern und häufiger werden. Es wird deshalb praktisch sein, auch diese Dinge unten zusammenzufassen. Es sei hier eben nur darauf verwiesen.

Gelblaubigkeit der Hortensien wird von Budach[2]) u. a. besonders auf eine ungeeignete, zu schwere oder zu dungreiche Erde zurückgeführt.

Die Schorfkrankheiten.

Von den vielen Krankheitsformen, in deren Ursachen wir noch keinen genügenden Einblick haben, reihen wir die Schorfe hier unter die Überschußkrankheiten ein. Der Grund dafür ist die vielseitig gemachte Wahrnehmung, daß nach Zufuhr von Stoffen, welche die Alkalität eines Bodens zu vermehren vermögen, die Schorferscheinungen in reichlicherem Maße aufzutreten pflegen.

Bei dem Schorf oder der „Räude" bilden sich vorzugsweise flach ausgebreitete, borkig zerklüftete, korkfarbige Stellen auf den fleischigen, unterirdischen, rüben- oder knollenartigen Reservestoffbehältern. Solange eine solche borkenartige Zerklüftung oberflächlich bleibt, spricht man von Oberflächenschorf. Erfolgt dagegen eine schnelle Vertiefung der Wundstellen, so daß dieselben zu Gruben oder Löchern werden, bezeichnet man die Erkrankung als Tiefschorf, bei dem in gewissen Fällen warzenartige Wucherungen die Wundfläche verändern können. Letzterer Fall ist als „Buckelschorf" unterschieden worden.

Außer Zucker- und Futterrunkeln leiden am häufigsten die Kartoffeln, zeitweise die Rübenkörper der Umbelliferen, wie Sellerie, Mohrrübe, Petersilie usw., seltener die Rübenkörper der Kohlgewächse. Das Charakteristische ist die Zerstörung von Korklagen, die sich aus den darunterliegenden Geweben längere Zeit hindurch immer wieder ergänzen. Um sich

---

[1]) Sorauer, P., Intumeszenz und Aurigo bei Araliaceen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 337ff. mit Abb.

[2]) Budach, Grünefeld, Löhrer, Gelblaubige Hortensien. Möllers Dt. Gärtner-Ztg. XXXV (1920), S. 99.

eine Vorstellung von der schwersten Schädigungsform der Schorfkrankheit machen zu können, geben wir die Abbildung einer Zuckerrübe, die an „gezontem Tiefschorf“ oder „Gürtelschorf“ leidet (Abb. 76). Die Rübe hat am Kopfende eine Dicke von 7—8 cm, ist aber nur oben kreisrund, zeigt dagegen an den beiden Seiten, welche die Wurzelreihen tragen, eine beträchtliche Abflachung, welche sich nach dem Schwanzende hin wieder verliert. Die abgeflachten Seiten sind muldenartig vertieft, und das Zentrum der Mulde ist etwa 6 cm von der Schnittfläche am Rübenkopfe entfernt. Die Oberfläche der Mulde ist dadurch wellig, daß über einem tiefstliegenden Zentrum sich die einzelnen Ringe des Rübenkörpers, terrassenartig nach außen ansteigend, in mehr oder weniger deutlich hervortretenden Zonen erheben.

Die Beschaffenheit des Gewebes der Muldenränder ist zunderig-schorfig, d. h. zerklüftet, und die Klüfte von röhrenartigen Gängen durchsetzt, welche einen faserigen Zerfall der Substanz einleiten. Die Auskleidung der gangartigen Klüfte besteht aus braunen, verkorkten, zackenartig vorspringenden Geweberesten, deren Oberfläche einen eigenartig körnigen Zerfall erkennen läßt. Trotz des tiefgehenden Zerfalls an der Schorfstelle sehen wir, daß der Rübenkörper seine Reaktionsfähigkeit behält, denn die Ränder der einzelnen Gefäßbündelringe wölben sich nach der Verletzung durch Neubildung von Zellen wallartig vor.

Daß der Rübenkörper an den schorfigen Stellen schon vorher eine Wachstumshemmung erlitten haben dürfte, geht daraus hervor, daß an der beschädigten sowohl wie an der gegenüberliegenden Rübenseite die einzelnen Geweberinge schmaler als an den anderen Rübenseiten sind. Bei Behandlung von Querschnitten der erkrankten Stellen mit Schwefelsäure sieht man, daß unterhalb der braunen, spröden, allmählich zerfallenden Gewebelagen, die verkorkt sind, im anscheinend gesunden Rübenfleisch die Intercellularsubstanz einen gelblichen, weinroten bis leuchtend karminroten Farbenton annimmt. Manchmal erscheinen auch einzelne Gefäßgruppen mit festen Ballen oder Pfropfen versehen, welche dieselbe Färbung mit Schwefelsäure annehmen. Die Intercellularsubstanz erweist sich später gelockert und beginnt schließlich körnig-schleimig zu zerfallen. Dem bloßen Auge erscheint der ganze Vorgang als ein trockener Zersetzungsprozeß.

Wie erwähnt, ist diese Schorfform, welche so tief in das Fleisch des Rübenkörpers eindringt, die seltenere; meist finden wir viel flachere borkige Zerklüftungsstellen, die in kreisförmigen Herden auftreten und vielfach erkennen lassen, daß sie in einer ziemlich frühen Entwicklungsphase der Rübe aufgetreten sind und später an Ausbreitung nachgelassen haben. Bemerkenswert ist, daß bei dem gezonten Tiefschorf nicht der Kopf der Rübe angegriffen erscheint, sondern die Erkrankung erst in gewisser Entfernung von demselben innerhalb des Bodens sichtbar wird. Bei tiefgepflanzten Rüben findet man manchmal Schorfanfänge an den Blattstielbasen. Ganz ähnliche Erscheinungen bemerkt man auch bei den Kartoffeln, Mohrrüben usw. Bei der Kartoffel ist der Ausgang der Schorfbildung von den Lenticellen aus beobachtet worden, und es ist unschwer ersichtlich, wie leicht schädigende Einflüsse einen Angriffspunkt finden, wenn wir eine solche Lenticelle betrachten. Hier sehen wir unter der aus tafelförmigen Korkzellen aufgebauten Schale *k* (Abb. 77) die ersten Anfänge der Lenticellenbildung unterhalb der Spaltöffnungen in Form unregel-

mäßiger, inhaltsarmer Zellen (*a*). Indem diese Zellenbildung immer weiter rückwärts greift und die zuerst gebildeten Zellen Wasser aufnehmen, quellen und dadurch die Korkrinde sprengen, entsteht die nun zur Schorfbildung Veranlassung gebende Lenticelle, aus welcher die sich lockernden Füllzellen (*f*) in Form eines weißlichen, feuchten Mehles hervortreten. Diese Zellen vermodern; der Vermoderungsprozeß greift weiter nach innen, und die dichtgedrängten, noch zusammenhaftenden Reihen der jugendlichen Füllzellen (*v*) sind immer tiefer im Innern des Fleisches zu suchen, wo fortgesetzt die Stärke (*st*) aus dem die Füllzellen umgebenden Gewebe verschwindet. Ganz ähnliche Vorgänge spielen sich unter dem Einfluß anhaltender Feuchtigkeit auch bei anderen unterirdischen Pflanzenteilen ab. Der bisher schützend wirkende Korkmantel erfährt somit eine gefährliche Lockerung.

Die Schorfkrankheit ist vielfach als eine parasitäre aufgefaßt und meist als eine bakteriöse Erscheinung beschrieben worden. Sie findet sich daher auch im zweiten Bande der dritten Auflage dieses Handbuchs abgehandelt (s. Rübenschorf u. Kartoffelschorf). Aber es ist dort schon hervorgehoben worden, daß als Ursache recht verschiedene Organismen als Wundparasiten zu betrachten seien, die die unverletzte Korkhaut nicht anzugreifen vermögen (Krüger), andererseits liegen gelungene Impfversuche vor, welche unter besonderen Umständen an jugendlichen Organen ausgeführt worden sind (Bolley). Dazu kommt,

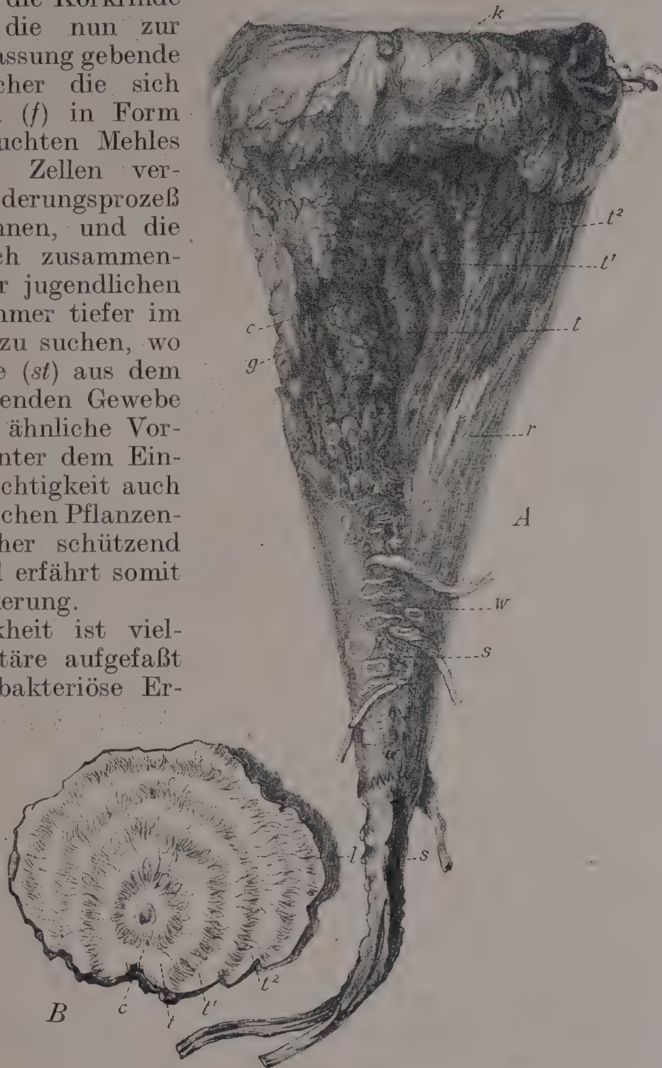


Abb. 76. Tiefschorfkranke Rübe von der stärkst erkrankten Seite der Wurzelrillen gesehen.

Abb *A*: *t*, t^1 und t^2 die terrassenartig vorstehenden Gefäßbündelringe; *g* Gewebelücken mit zunderigen Rändern; *k* knollige Parenchymwucherungen am Rübenkopfe, die als Überwallungsgewebe der Schorfwunde zu deuten sind; *s* flache Schorfanfänge, die an der Wurzelrille *W* abwärts sich ziehen; *r* äußerster Rand der Schorfmulde; *c* tiefste Stelle derselben. Abb. *B*: Rübenquerschnitt in der Nähe des Tiefschorfzentrums *c*; die vom Schorf zerstörten Gefäßbündelringe *t*, t^1 und t^2 treten terrassenartig von der tiefsten Wundstelle aus zurück; *l* zeigt die schwache Ausbildung der äußersten Gefäßringe. (Orig. Sorauer.)

daß eine große Reihe praktischer Erfahrungen unbedingt feststellt, daß, wie erwähnt, gewisse Substanzen, dem Acker einverleibt, schorfbegünstigend wirken. Daraus ergibt sich, daß der Verlauf des Schorfes wohl an parasitäre Organismen gebunden sein kann, ohne daß diese aber spezifische Schorforganismen wären. Viel wahrscheinlicher ist es, daß im Boden meist vorhandene saprophyte Arten durch bestimmte Änderungen der Bodenbeschaffenheit den geschwächten, alten oder zarten jugendlichen Körper anzugreifen imstande sind. Daß der Rübenkörper zur Zeit der Schorfkrankheit schon eine Hemmung erfahren hat, zeigt der Umstand, daß die gesunden Gefäßbündelringe dort, wo der Schorf einsetzt, schmaler sind, also ihr Dickenwachstum beschränkter gewesen ist. Bei der Kartoffel dürfte neben der zu starken Nährstoffzufuhr die mangelhafte Atmung in lehmigen oder feuchten Böden die Ursache sein, die zunächst zur Ausbildung der lenticellenartigen Stadien führt. Gerade in diesen Böden ist besonders in feuchten Jahren die Schorferkrankung der Kartoffel häufig.

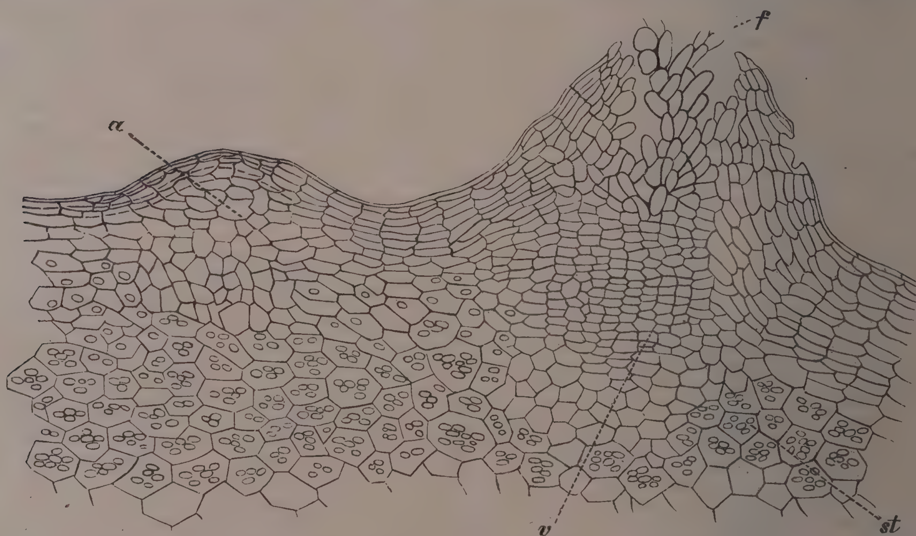


Abb. 77. Lenticellenbildung an der Kartoffelschale. (Orig. Sorauer.)

Gestützt auf die Bolleyschen Impfversuche[1]), welche den Rüben- und Kartoffelschorf auf gleiche Ursachen zurückführen, wenden wir uns der Hauptfrage zu, welche Umstände als schorfbegünstigend oder -veranlassend durch die praktische Erfahrung festgestellt worden sind. Ganz bekannt ist unter Landwirten, daß das Mergeln des Ackers die häufigste Veranlassung zum Schorfigwerden der Kartoffeln darstellt. Besonders soll es der gelbe Mergel sein, welcher Eisenoxyduloxyd enthält. Frank[2]) hat betreffs dieser Frage direkte Kulturversuche angestellt. Auf unsterilisiertem Boden entstand Schorf, er unterblieb auf sterilisiertem, auch wenn demselben Lehmmergel zugesetzt worden war. Erfahrungsgemäß wirken ferner als schorfbegünstigend Raseneisenstein, Straßenkehricht, Kloakenkot, frischer tierischer Dung, Jauche und Chilisalpeter, so daß man zu

[1]) Bolley, H. L., A disease of beets, identical with Deep Scab of potatoes. Gov. Agric. Exp. Stat. f. North Dakota. Bull. 4, 1891.
[2]) Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte. 1897, S. 177.

der Vermutung gedrängt wird, die alkalische Reaktion sei die hauptsächlichste Ursache der Begünstigung der Schorforganismen. Zu diesem Schluß kommt auch Bolley[1]), dessen Versuche ergeben, daß seine Schorfbakterien sich am schnellsten auf neutralem oder basischem Nährboden entwickeln. Daß die Nässe fördernd wirkt, haben Franks vergleichende Versuche erwiesen, und Bolley hebt hervor, daß leichte sandige Böden in der Regel glatte Knollen liefern. Franks Resultate scheinen der Erfahrung zu widersprechen, daß man in heißen, trockenen Jahren stellenweise viel Schorf finden kann.

Die Widersprüche lösen sich, wenn man die Untersuchungen von Thaxter[2]) herbeizieht, der für Tief- und Flachschorfformen verschiedene Organismen unterscheidet und hervorhebt, daß für den von ihm kultivierten Organismus neutrale Reaktion am förderlichsten, leichte Alkalität aber wie leichte Ansäuerung verzögernd zu wirken scheinen. Bei seinen Versuchen wurden junge Knollen an jeder Stelle, ältere noch mit Erfolg an Wundstellen und namentlich an Lenticellen angegriffen, während annähernd reife Knollen gänzlich versagten.

Die Schorforganismen erscheinen also in ihren Ansprüchen nicht übereinstimmend. Nur das ist ihnen gemeinsam, daß sie die Lenticellen bevorzugen; außerdem sind die jugendlichen Organe mit zarter Korkbekleidung und bei Rüben die Stellen, wo die Würzelchen entspringen, besonders geeignet zu Angriffspunkten für die Mikroorganismen. Diese Stellen werden aber wesentlich gelockert durch nassen Boden, und daher wird die Behauptung erklärt, daß Nässe die Schorferkrankung begünstigen kann. Nasse, schwere Böden sind auch der Durchlüftung schwer zugänglich, und wenn sich im Boden Substanzen befinden, welche bedeutende Sauerstoffmengen beanspruchen, so nehmen sie ihn, wenn derselbe von außen her dem Boden nicht genügend zugeführt wird, von der lebendigen Pflanzensubstanz. Als solche stark Sauerstoff beanspruchende Massen müssen die Abfallstoffe, Kloakeninhalt, tierischer Dung, Eisenoxydulverbindungen usw. angesehen werden. Wir finden Beispiele, daß ein gedüngtes Ackerstück schorfige Kartoffeln brachte, während die ohne Stalldung gebliebene Umgebung schorffreie Ernteprodukte lieferte[3]). Neuerdings hat Ad. Kraft[4]) (vgl. oben S. 343) Versuche über den Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel angestellt; er fand dabei u. a., daß einseitige Kalk- und Kainitdüngungen den Schorf begünstigten, auch die mit Knochenmehl Ia und Thomasschlacke, sowie die mit Stalldung (mehr oder weniger) und Kunstdung gedüngten wiesen Schorfbefall auf, dagegen waren mit Superphosphat, einseitig mit Stickstoff behandelte, und solche mit Gründüngung oder ungedüngte schorffrei.

Bei der Zersetzung des Kloakeninhalts und anderer tierischer Abfallstoffe entstehen aber schädliche Schwefelverbindungen im Boden, und diese werden selbstverständlich giftig auf den Wurzelapparat, fördernd aber auf gewisse Bakteriengruppen wirken können. Sobald solche Vorgänge sich einstellen, können die Schorfbakterien, die neutralen oder alkalischen Boden bevorzugen, besonders gedeihen.

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1901, S. 43.

[2]) Thaxter, Roland, The Potato Scab. 14. Annual Report of the Connecticut Agric. Exp. Stat. 1890.

[3]) Arb. d. D. Landw.-Ges. Jahresbericht d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz 1904.

[4]) Kraft, Ad., Der Einfluß der Nährstoffe auf die Qualität der Kartoffel. Arb. Forschungsinst. Kartoffelbau III. (1920).

Nun dürften solche Verhältnisse in Tonböden auch bei intensiver Hitze und Trockenheit entstehen; sie können durch Zufuhr von eisenhaltigem Mergel sich bilden, und damit würde sich das Erscheinen und oftmals alljährliche Wiederholen des Schorfes erklären, der nach Mergeln eintreten kann, aber nicht immer sich einstellt. Alle die genannten schorfbegünstigenden Faktoren können in bestimmten Fällen wirklich Schorf hervorbringen und in anderen Fällen nicht. Die gute Wirkung des Kalkes, die bei mehreren Anbauversuchen beobachtet worden ist[1]), wird sich durch seine flockende Eigenschaft, die er auf schliefige Böden ausübt, erklären lassen. Der Boden wird wärmer, lockerer, der Durchlüftung zugänglicher und der tierische Dung vor abwegigen Zersetzungen geschützter. Die leicht durchlüftbaren Sandböden, in denen sich hochkonzentrierte Bodenlösungen nicht lange halten können, sind meist schorffrei. Also die einzelnen sogenannten schorffördernden Substanzen an sich sind nicht schädlich, sondern erst gewisse Kombinationen, die die Bodenzersetzung in ungesunde Bahnen leiten.

Zu der hier geäußerten Anschauung ist Sorauer durch Versuche[2]) geführt worden, welche die Frage beantworten sollten, ob der Schorf sich stets im Acker erhalten und ausbreiten kann. Das Ergebnis war ein negatives. In zwei aufeinanderfolgenden Versuchsjahren waren nämlich nicht nur die von gesundem Saatgut kommenden, sondern auch die von schorfigen Kartoffeln stammenden Knollen mit ganz geringen Ausnahmen gesund. Daraus geht hervor, daß für die Ausbreitung der Schorfkrankheit im freien Felde die Beschaffenheit des Saatgutes weniger ausschlaggebend ist und die vielfach empfohlenen Beizverfahren überflüssig sind. Die Bekämpfungsmaßnahmen müssen auf eine Änderung der Bodenbeschaffenheit gerichtet sein, namentlich auf Vermeidung der schorfbegünstigenden Substanzen. Betreffs der oft behaupteten Schädlichkeit des Kalkes haben Sorauers Versuche ergeben, daß Knollen, die teilweise direkt mit Kalk in Berührung gebracht worden waren, gänzlich glattschalig und gesund geblieben sind. Später sind Mittel, welche die sauere Reaktion des Bodens erhöhen sollen, in den Handel gebracht worden (z. B. Sulfarin).

Die Ringelkrankheit von Zwiebelgewächsen.

Die namentlich für die Züchter von Hyazinthenzwiebeln sehr gefährliche Krankheit äußert sich bekanntlich durch Graufärbung, Bräunung und Auflösung einer Schuppe inmitten einer sonst gesunden Zwiebel. Die Zersetzung des Gewebes steigt vom Zwiebelhals aus abwärts bis in den Zwiebelboden. Ist sie dort angelangt, gilt die Zwiebel als verloren. Die Krankheit geht auch oft auf die Brutzwiebeln über. Alle kranken Teile bekleiden sich mit *Penicillium*, das hier scheinbar parasitären Charakter angenommen hat. Der Grund für die überaus schnelle Ausbreitung des Pilzes ist in der für ihn sich ungewöhnlich günstig gestaltenden Veränderung seines Nährbodens zu sehen. Es ergaben nämlich die Analysen, daß die frische, gesunde Substanz der ringelkranken Zwiebeln mehr Zucker besitzt als die der nicht erkrankten Exemplare; erstere gleichen darin den jüngeren Schuppen gegenüber den älteren. Da nun eine Abnahme des Zuckers mit Zunahme der Reife der Zwiebel stattfindet, so wird man aus dem größeren

[1]) Krüger, Fr., Untersuchungen über den Gürtelschorf der Zuckerrüben. Zeitschrift d. Ver. d. Deutsch. Zuckerindustrie. Nov. 1904.

[2]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IX, 1899, S. 182.

Zuckerreichtum auf eine geringere Reife der erkrankenden Zwiebeln schließen müssen.

Tatsächlich läßt sich nun nachweisen, daß die Kulturmethoden unserer Zwiebelzüchter vielfach die Gefahr in sich bergen, unreife Zwiebeln zu ernten. Man wartet einesteils mit dem Herausnehmen der Zwiebeln nicht, bis deren Blätter vollständig im Sommer abgetrocknet sind. Dies gilt in erster Linie überall dort, wo die Hyazinthen als Schmuckpflanzen in Gärten und öffentlichen Anlagen dienen. Dort würde ein Beet mit verblühten Blumen und langsam vergilbenden Blättern einen sehr unangenehmen Anblick bieten. Infolgedessen hebt man die Zwiebeln aus und läßt sie an einem anderen Orte nachreifen. Die damit verbundene hochgradige Verletzung des Wurzelkörpers bringt einen vorzeitigen Stillstand in der Vegetation der Zwiebel hervor. Die Blätter vertrocknen, ehe sie sich normal ausgelebt haben, und ihre Blattbasen, also die Zwiebelschuppen bleiben unreif und zuckerreich und sind somit nun der erwünschte Herd zur bequemen Ansiedlung des Schimmelpilzes.

Bei den großen feldmäßigen Handelskulturen kommt die Düngerzufuhr ins Spiel, da man recht kräftige Zwiebeln in möglichst kurzer Zeit erzielen will. Der Dünger verlängert die Vegetationszeit so, daß manche Sorten zu der festgesetzten Erntezeit ihr Wachstum noch nicht fertig abgeschlossen haben. Die noch grünen Blätter besitzen dann ebenfalls unreife Schuppen, und während der Aufbewahrung der geernteten Zwiebeln auf den ,,Zwiebelböden" bis zur Zeit des herbstlichen Verkaufs hat das *Penicillium* Zeit, sich in die zuckerreich gebliebenen Schuppen einzugraben und dieselben zu zerstören. Daß besonders spätreifende Sorten diesen Übelstand zeigen werden, ist selbstverständlich, und darum sprechen auch die Züchter von ,,ringelkranken Stämmen".

Neben der übermäßigen Nährstoffzufuhr kommen sicher auch die klimatischen Verhältnisse Nordeuropas für die Erzeugung der Ringelkrankheit in Frage. *Hyacinthus orientalis* stammt aus dem orientalischen Steppengebiete. Dort trocknen die Pflanzen schon früh im Frühjahr ein und bleiben im trockenen Boden liegen. Bei uns hat der Boden zur Zeit des Absterbens der Blätter noch genügend Feuchtigkeit für die Vegetation; die Zwiebeln bleiben unnatürlich lange in Tätigkeit. Diese Störung macht sich schon äußerlich meist daran bemerkbar, daß die Blätter ungleich absterben; oft bleibt eins derselben noch zum Teil grün, wenn die anderen bereits abgestoßen sind. Dieses Blatt bleibt dann gewöhnlich auch nach dem Eintrocknen mehr oder weniger fest sitzen; es löst sich nicht von selbst los und liefert eine kranke Schuppe.

Ganz ähnliche Erscheinungen sieht man auch an anderen Zwiebeln in gutem Gartenboden, so bei Schneeglöckchen, *Muscari*, *Scilla* usw., die meist später ganz absterben. Über eine entsprechende Krankheit an Narzissen usw. aus Neusüdwales berichtet Donnell-Smith[1]); auch hier wiesen die mittleren Zwiebelschuppen Bräunung und Zersetzung auf. Die Krankheit wird auf das Herausnehmen der Zwiebeln vor der Reife zurückgeführt[2]).

Die Prüfung der Zwiebeln erfolgt durch flaches Anschneiden der

[1]) Donnell-Smith, G. P., Über eine Krankheit der Zwiebeln und Narzissen und anderer Pflanzen. The agric. Gaz. New South Wales XXVIII (1917), S. 141f.

[2]) Das gleiche für Tulpen vgl. bei Sorauer, Mißerfolg bei der Treiberei der Blumenzwiebeln. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVI (1916), S. 26ff.

Spitzen (des Halses) während der Ruheperiode. Zeigt der Querschnitt einen grauen Ring zwischen den weißen Zwiebelschuppen, so wird die betreffende Zwiebel ausgesondert und bei der großen Furcht der Züchter vor der Ansteckung der gesunden meist an entfernter Stelle vergraben.

Die Heilung ringelkranker Stämme kann dadurch erfolgen, daß die Zwiebeln in sandigen nicht frisch gedüngten Boden mit tiefliegendem Grundwasserspiegel gebracht werden, wo sie bei der Nährstoff- und Wasserarmut früh ausreifen können.

Öfter wachsen aus den abgestorbenen Zwiebeln nachher ganze Watten von Fäulnispilzen, *Botrytis* usw., an die Oberfläche der Erde und verraten dadurch den Platz der toten Zwiebel.

Zu erwähnen bleibt noch, daß man eine dem Habitus nach der eigentlichen Ringelkrankheit sehr ähnliche Erscheinung mit derselben verwechselt hat[1]). Die Ursache dieser letzteren ist in einem Älchen (*Tylenchus Hyacinthi*) erkannt worden, das von den Blättern in die Schuppen hinabwandern kann. Bei der Älchenkrankheit aber kommen gallenartige Zellstreckungen, inselartige Korkumwallungen und andere Unterschiede vor, wie in der zweiten Auflage dieses Handbuchs ausführlicher besprochen ist.

b. Erkrankungen der Stämme und Stengel.

Gesteigerte Holzentwicklung und Stammfäule.

Bei krautigen Gewächsen, namentlich bei Getreide haben wir bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß eine überaus üppige Anfangsentwicklung nachher zu Rückschlägen führt (vgl. Verscheinen, Geilstellen usw.). Auch bei den Holzgewächsen, namentlich an den Bäumen bringt eine zu starke Steigerung des Wachstums mitunter Schwächedispositionen und Folgekrankheiten.

Graebner[2]) hat darauf hingewiesen, daß das von manchen Forstleuten als besonders ertragsteigernd begrüßte starke Dickenwachstum junger Bäume häufig zu Schädigungen führt. Namentlich bei Nadelhölzern ist dies deutlich zu beobachten. Das intensive Wachstum der Bäume veranlaßt eine große Nadelproduktion, die auf dem Boden wieder eine lebhafte Humusbildung veranlaßt (vgl. darüber Kapitel 1, S. 106ff.). Die schwierigere Durchlüftung des Bodens verursacht das Absterben der Wurzeln direkt unter dem Stamm. Bei dem Vorhandensein sehr breiter innerer Jahresringe als Folge der geförderten Anfangsentwicklung pflanzt sich die Fäulnis leicht von unten in das Innere des Stammes fort. So ließ sich sehr häufig die Kern- oder Rotfäule der Fichten und Kiefern mit unnatürlich breiten inneren Jahresringen in Verbindung setzen. Bäume gleichen Standortes mit engen inneren Ringen blieben gesund, die „Protzen" erkrankten zuerst.

Ein Abbrechen stärkerer Äste führt sowohl bei Nadel- wie bei Laubhölzern leicht und verhältnismäßig schnell zum Hohlwerden der Stämme. Diese Erscheinung ist wohl sicher auch die Ursache dafür, daß in Urwäldern, so z. B. in dem von Bialowies, die Bäume zum größten Teile nur

---

[1]) Journal de la Soc. nat. et centrale d'Horticulture de France. April 1881. Sorauer, Zur Klärung der Frage über die Ringelkrankheit der Hyazinthen. Wiener illustrierte Gartenzeitung 1882, Aprilheft S. 177.

[2]) Graebner, P., Dickenwachstum und Stockfäule. Festschr. zu Englers 70. Geburtstag 209ff. Engl. Bot. Jahrb. L. Suppl. 1914.

ein verhältnismäßig geringes Alter erreichen. So waren dort die meisten geschlagenen Eichen nicht viel über 200 Jahre alt, die ältesten sollen bis etwa 400 Jahrringe gehabt haben; die meisten waren im Alter hohl. Bei uns erreichen dieselben Bäume bekanntlich das Alter von einem Jahrtausend und mehr[1]) (S. 49). Der Grund für diese Erscheinung im Urwalde ist sicherlich darin zu suchen, daß eben nur diejenigen Exemplare sich erhalten können, die ans Licht der obersten Baumkronen gelangen, die, wenn eine Lücke im Bestande durch Zusammenbrechen eines Riesen entstanden ist, möglichst schnell, den anderen vorauf, emporwachsen, also eine möglichst intensive Anfangsentwicklung besitzen. Die „Protzen", die der Forstmann zur Erzielung eines möglichst gleichmäßigen Bestandes herausschlägt, behalten den Vorrang. Die großen Bäume haben, wie auch die Stammquerschnitte zeigen, fast durchweg sehr weite innere Jahresringe.



Abb. 78. „Mondringe" im Eichenquerschnitt; Urwald von Bialowies. (Nach Lautenschlager.)

Gleichfalls auf ungewöhnlich starkes Holzwachstum werden von Lautenschlager[2]) die sogenannten Mondringe (Querschnitt) oder Splintstreifen (Längsschnitt) alter Eichen zurückgeführt (Abb. 78/79). Dem Alter nach etwa zwischen dem 60. und 150. Lebensjahre der Eichen, mitunter in beiden Altern, haben sich bei den Eichen einige Jahrringe gebildet, deren Holz sich später bräunlich färbt und früher als das übrige der Fäulnis erliegt, also minderwertig ist und auch im lebenden Stamme zuerst fault. Bei diesem Holz ist die Kernholzbildung ausgeblieben oder doch sehr mangelhaft, es hat im wesentlichen den Charakter des Splintholzes behalten. Die Deutung Lautenschlagers geht nun dahin, daß die Russen besonders schön und schlank gewachsene Bäume, und um solche handelt es

[1]) Graebner, P., Die pflanzengeographischen Verhältnisse von Bialowies. Bialowies in deutscher Verwaltung. Heft 4, S. 227ff.

[2]) Lautenschlager, O., Die forstlichen Verhältnisse des Bialowieser Urwaldes. Bialowies in deutscher Verwaltung. Heft 2, S. 70.

sich dabei, nachdem sie ein gewisses Alter erreicht hatten, freilegten, d. h. vom Drucke der benachbarten Baumkronen befreiten. Jede solche Befreiung vom Drucke und natürlich auch von der Wurzelkonkurrenz (vgl. S. 125) muß naturgemäß ein erneutes intensives Wachstum hervorrufen, einen verstärkten Saftauftrieb usw. (vgl. S. 356 f.).

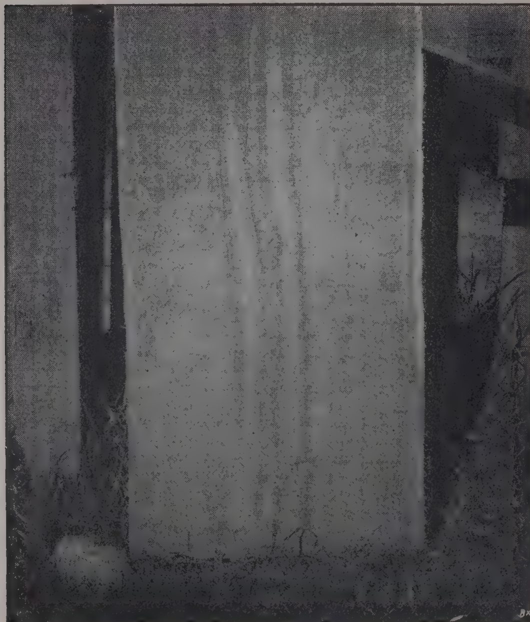


Abb. 79. „Splintstreifige" Eichen, der Längsschnitt von Abb. 77. (Nach Lautenschlager.)

Parenchymholzbildung.

Herde von weichem Parenchymholz können in Form eingestreuter Nester oder in ringförmigen Binden von verschiedener Länge und Breite im Stammkörper auftreten. Sie sind mannigfach benannt worden. Eine Aufzählung derartiger Fälle finden wir bei De Bary[1]), der in ihnen eine Hypertrophie der Markstrahlen sieht. Roßmäßler nennt sie „Markwiederholungen", Nördlinger bezeichnet sie als „Markflecke", und Th. Hartig[2]) spricht von „Zellgängen". Die ausgebildetste Form der sogenannten „Mondringe", braune oder weiße, meist ringförmig um einen Teil oder auch um den ganzen Stammumfang herumreichende Binden von Parenchymholz, das bisweilen schon zunderartig zermürbt erscheint, haben wir eben erwähnt. Diese mürben Gewebemassen zeigen nicht selten bereits die Cellulosereaktion. Vielfach findet man dieses Gewebe von Mycel durchzogen. Th. Hartig beschrieb die Pilze als *Nyctomyces candidus* und *N. utilis*. Rob. Hartig zog das bei Eichen beobachtete Mycel zu *Stereum hirsutum*[3]). Bei anderen Baumgattungen finden sich andere holzzerstörende Pilze, die im zweiten Bande eingehender behandelt werden.

Die als „Markflecke" bezeichneten Bildungen erscheinen im Querschnitte des Holzkörpers als isolierte, zerstreut auftretende, scharf begrenzte, etwa halbmondförmige, gebräunte, mürbe Stellen, welche sich gangartig auf verschiedene Länge hin stammabwärts verfolgen lassen. Eine eingehende Studie darüber verdanken wir Kienitz-Gerloff[4]), der als Entstehungsursache bei Weiden, Ebereschen und Birken den Fraß einer Insektenlarve beobachtete. Nach einem Referat von Karsch[5]) soll es sich um *Tipula suspecta* handeln. Diese Larve nährt sich „von den

---

[1]) De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. 1877, S. 567.

[2]) Th. Hartig, Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen. 1852, S. 211.

[3]) Rob. Hartig, Zersetzungserscheinungen des Holzes. S. 129.

[4]) M. Kienitz, Die Entstehung der Markflecke. Bot. Centralbl. XIV (1883), S. 21ff. Hier auch die ältere Literatur.

[5]) Bot. Jahresbericht. XI, 2 (1883), S. 518.

Zellen des Cambiums und des Jungzuwachses zur Zeit der Jahrringbildung". Die Fraßgänge werden in folgender Weise geschlossen: „Die den Wundrand durchbrechenden Zellen wachsen schnell und teilen sich weiter durch zarte Querwände; gleichzeitig findet eine vollständige Schließung des cambialen Ringes statt, und von nun ab wird wieder normales Holz und normale Rinde über der Wundfläche gebildet, während ganz unabhängig von dem neuen Cambium der Hohlraum durch die Zellenwucherungen geschlossen wird." (Bot. Jahresber. 1883, 1, S. 182.) Diese Beschädigungen durch fadenförmige Dipterenlarven, welche in der Cambiumzone, namentlich an Stammbasis und Wurzelhals, bisweilen auch an höheren Schaftteilen und Wasserreisern im Mai und Juni ihre Gänge graben, werden zunächst nur für die genannten Baumarten als Erzeuger von Markflecken oder „Braunketten" anzusehen sein. Kienitz selbst bemerkt, daß ähnliche Bildungen bei anderen Bäumen, namentlich bei Nadelhölzern, nicht von den erwähnten Dipterenlarven herrühren.

Betreffs der Markflecke der Birke bestätigt v. Tubeuf[1]) die Untersuchungen von Kienitz und erwähnt dabei, daß G. Kraus diese Zellnester sogar für normale Bildungen erklärt. De Bary spricht, wie erwähnt, von Hypertrophien der Markstrahlen, und bei dem ersten Überblick gewinnt man auch den Eindruck, daß die Markflecke durch eine Erweiterung der Markstrahlen hervorgebracht werden. Man sieht wirklich letztere, bevor sie in die Parenchymholznester eintreten, allmählich breiter werden und ihre Zellen das polyedrische, derbwandige, stark getüpfelte Aussehen der mit Stärke und braunem Gerbstoff bisweilen erfüllten Zellen der Markflecke annehmen. Ja, man sieht sogar manchmal, daß die Markstrahlen bei dem Eintritt in den Markfleck sich erweitern und seitlich zusammenfließen; Sorauer hält trotzdem, gestützt auf „Schälversuche", das neugebildete Füllgewebe für ein Produkt einer Zellvermehrung, an dem sich nicht nur die Markstrahlen, sondern sämtliche den Jahresring aufbauenden Gewebeformen beteiligen können. Die Mark- bzw. Rindenstrahlen eilen nur bei allen Wundheilungsvorgängen dem übrigen Gewebe im Wachstum voraus und erlangen dadurch einen überwiegenden Einfluß.

Auch wenn man bei den oben erwähnten „Mondringen" die Grenzen zwischen dem bereits zerstörten Parenchymholz der ringförmigen Binden und dem gesund gebliebenen Gewebe untersucht, findet man nicht selten eine hervorragende Erweiterung der Markstrahlen, namentlich bei Eichen.

Bei Nadelhölzern und besonders bei Kiefern begegnet man einer noch extremeren Form von Zerstörung, der sogenannten Ringschäle. Bei dem Spalten der Stämme löst sich nämlich bisweilen ein Vollzylinder, aus dem gesunden, zentralen Stammteil bestehend, von einem ebenfalls gesund erscheinenden peripherischen Holzmantel, wie aus einer Hülse, von selbst heraus. Die Lösung erfolgt dadurch, daß in einem Jahresringe, und zwar nur in diesem einzigen, das Gewebe zerstört, mulmig und myceldurchzogen ist.

Diese Form der Ringschäle unterscheidet sich durch ihren festen, gesunden Kern von der durch Robert Hartig[2]) bei der Kiefer studierten, bei welcher ein Wundparasit, *Polyporus* (*Trametes*) *Pini*, die Zerstörung

[1]) Tubeuf, v. Die Zellgänge der Birke und anderer Laubhölzer. Forstl. naturwiss. Zeitschr. 1897, S. 314.

[2]) R. Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldbäume. Berlin 1874, S. 55.

des ganzen Kernes veranlaßt, aber nicht in das gesunde Splintholz übergeht. Hartig beschreibt das schnelle Fortschreiten des Mycels in den Markstrahlen und sagt, nachdem er die durch das Mycel verursachte Holzzerstörung, das Auflösen der inkrustierenden Substanzen und Zurückbleiben der Zellulose in den Holzfasern dargelegt hat: „Infolge der Zusammenziehung des Holzkörpers, welche mit der Fäulnis und dem Wasserverlust desselben verbunden ist, bilden sich nicht allein radial verlaufende Spalten, sondern es lösen sich sehr oft die äußeren Jahresschichten als Mantel von einem dickeren oder schwächeren Kerne. Es entstehen so Ringspalten, die wohl den Namen der Ringschäle veranlaßt haben mögen.“ Wir haben es also hier mit einer Form der sehr verbreiteten Rotfäule oder Kernfäule zu tun. Der Pilz tritt nach v. Tubeuf auch an Fichten auf und ist außerdem an Lärchen und Weißtannen und in Amerika an Douglastannen beobachtet worden. Hervorzuheben ist der Umstand, daß sein Mycel sich „besonders leicht in einer bestimmten Jahresringzone[1])“ verbreitet und die kranken, nur noch aus Zellulose bestehenden, weißen Gewebeherde gerade im Frühjahrsholz reichlich zu finden sind[2]). Dies scheint anzudeuten, daß der Pilz in den benachbarten Jahresringen zunächst größeren Widerstand findet, also der befallene Jahresring von vornherein lockerer gebaut gewesen ist. Demnach dürften Parenchymholzbinden nicht nur der Einwanderung von *Trametes* und anderen Holzzerstörern an Astwunden, sondern auch deren Ausbreitung im Stamm besonders förderlich sein.

Rindensprünge und Borkenabwurf.

In der Abbildung des Pflaumensämlings (Abb. 58, S. 263) ist aus dem klaffenden Spalt des aufgeplatzten Stengels eine weiche Gewebemasse hervorgetreten. In ähnlicher Weise kann eine Gewebevermehrung in der Rinde der Bäume durch eine plötzliche starke Überernährung oder eine ungewöhnliche sekundäre Wachstumssteigerung erfolgen. Eine solche Wachstumszunahme kann auf verschiedenen Ursachen beruhen. Als eine derselben betrachtet Hartig[3]) die Zuwachssteigerung, die durch plötzliche Freistellung von Waldbäumen hervorgerufen wird (vgl. auch die Mondringbildung S. 353). Er beschreibt Fälle von Hainbuchen in einem Buchenbestande, wo durch Freistellung der Zuwachs in Brusthöhe von 1,2 qcm Querflächenzuwachs in wenigen Jahren auf 13,7 cm jährlich stieg[4]). Der Korkmantel wurde dadurch an zahlreichen Stellen gesprengt, und die Folge davon war ein Aufreißen und sogar stellenweises Abheben des Rindenkörpers vom Holzzylinder. Ähnliches fand H. bei Eichen und erklärte dies durch eine infolge der Freistellung eintretende größere Bodentätigkeit und die vermehrte Lichtwirkung. (Unters. I. [1880] S. 35.)

Derartige Erscheinungen lassen sich auch bei anderen Baumarten namentlich in Garten- und Parkanlagen auffinden.

In dem von Hartig beschriebenen Falle geschah das Reißen der Rinde durch plötzlich gesteigerte Vermehrung des normalen Zuwachses; sehr viel

---

[1]) v. Tubeuf, Pflanzenkrankheiten durch kryptogame Parasiten verursacht. Berlin 1895, S. 471.

[2]) R. Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1900, S. 172.

[3]) Hartig, R., Das Zerspringen der Hainbuchenrinde nach plötzlicher Zuwachssteigerung. Untersuch. forstbot. Inst. III, S. 141.

[4]) Hartig, R., Lehrbuch der Pflanzenkrankh. 1900, S. 261.

häufiger ist ein Reißen und Abwerfen der Rinde infolge abnormer Zellstreckung des Rindenparenchyms zu beobachten. Einen solchen Fall beschreibt Sorauer: In einer Ulmenallee lagen am Grunde einer Reihe nebeneinanderstehender Bäume eine große Menge kleiner oder auch handlanger Rindenschuppen zerstreut. Bei genauer Besichtigung fand man am unteren Stammende locker hängende 25—50 cm lange Borkenstreifen, die mit Leichtigkeit abgenommen werden konnten. Der bloßgelegte Stammkörper war mit grünlichen Gewebeinseln bekleidet, die sich als neue Rindenbildungen erwiesen. Die abgelösten Borkenstücke (Abb. 80) zeigten auf ihrer Innenseite flache, hellbraune Polster in unregelmäßiger Verteilung und von verschiedener Größe und Dicke; sie gaben bei ihrer schwammigen Beschaffenheit dem Nageldruck leicht nach. Hier und da bemerkte man dazwischen kraterförmige, härtere, kleinere Erhebungen. Die Oberfläche der Polster war vorherrschend glatt; nur stellenweise war sie rauh und zum Teil wollig durch hervorragende haarartige Ausstülpungen. Der an dem Baume verbliebene Rindenteil erschien gelbgrün und saftig; er bestand aus Rindenparenchym, das aus einem gesunden Cambium hervorgegangen war.



Abb. 80. Innenfläche eines abgestoßenen Borkenstückes einer Ulme mit polsterartig vortretenden Gewebeinseln. (Orig. Sorauer.)

Abb. 81 gibt ein Bild von der zum Abwerfen sich vorbereitenden Rinde. Bei *h* ist der alte Holzkörper, bei *nh* das letztentstandene Neuholz angedeutet: *g* sind Gefäße, *c* ist Cambium; daran stößt die normale Jungrinde, die allmählich nach außen hin in die gelockerte ältere Rinde übergeht. In Wirklichkeit ist die Ausdehnung des gelockerten Teiles im Verhältnis zu der normalen Jungrinde viel bedeutender, als in der Zeichnung der Raumersparnis wegen angegeben worden ist. In der normalen Innenrinde zeigt sich ein äußerst regelmäßiger Bau, indem Schichten von lockerem Rindenparenchym regelmäßig mit flachen Rändern schmaler Zellen (*l*), die man als „Leistenzellen“ unterscheiden kann, abwechseln. Es würden diese schmalzelligen Bänder den „Druckleisten“ entsprechen, die wir bei der Lohkrankheit erwähnt haben. Die Zellen, welche diese Leisten bilden, erscheinen im Längsschnitt ebenso lang wie im Querschnitt, nahezu farblos mit eigenartigen weitmaschigen Wandverdickungen, die wie unregelmäßige Leisten aussehen. Das zwischen je zwei solchen schmalen Bändern von Leistenzellen liegende Parenchym ist verhältnismäßig großzellig, locker,

stärkereich; in ihm eingelagert sind die großen Hartbastbündel (*b*) mit den sie begleitenden Reihen von Kalkoxalatkristallen (*o*) und die Schleimzellen (*sl*).

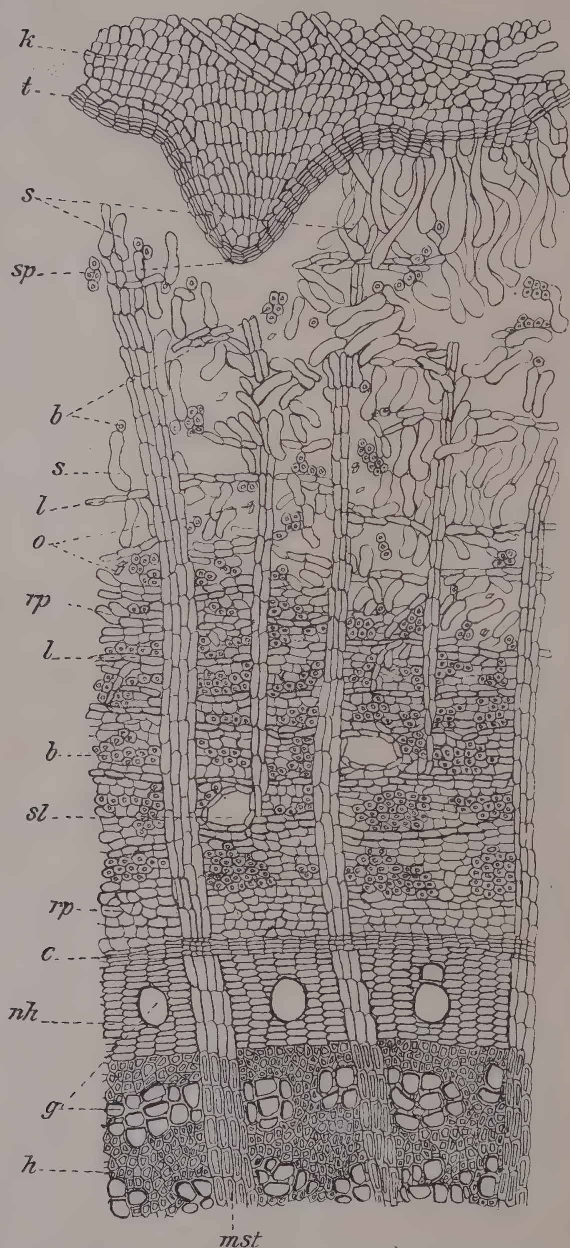


Abb. 81. Ulmenrinde mit Rindenwucherung. (Orig. Sorauer.)

Diese abwechselnden Gewebelagen werden von breiten, verbogenen Markstrahlen (*mst*) gefächert, die auch in der ganz gesunden Rinde schon welligen Verlauf zeigen können, in der kranken sich aber oftmals bis zum horizontalen Verlauf verschieben. Die Ursache der scharfen Verbiegungen ist das Auseinanderweichen der sich schlauchförmig streckenden, zwischen den schmalen Bändern von Leistenzellen liegenden, lange Zeit stärkereichen, chlorophyllführenden Parenchymzellen, welche auch die Hartbastbündel und Oxalatkristallreihen nach außenhin drücken. Diese mächtige Lockerungsschicht wird nun gedeckt von einer unregelmäßig in das Gewebe hineingreifenden, von Füllkork mehrfach begleiteten Tafelkorklage (*t*) und dem von ihr abgeschnittenen, nunmehr verkorkten Rindengewebe der früheren Vegetationsperiode (*k*). Manchmal wölbt sich die Korkschicht in kugelförmiger Gestalt in das schlauchartige Schwammgewebe hinein (*sp*) und bildet die anfangs erwähnten, kraterförmigen, harten Spitzen auf der Innenseite der abgelösten Borkenschuppen.

An der Grenze zwischen dem harten Gewebe der vorjährigen verkorkten Borkenlage und dem weichen, schlauchförmigen Parenchym vollzieht sich der Ablösungsprozeß des Rindenfetzens, und je nachdem noch an der Trennungsfläche schlauchartiges Parenchym mehr oder weniger festhaftet, erscheint die Oberfläche des Trennungspolsters wollig-rauh oder glatt.

Auch bei Rüstern findet der Borkenabwurf oft in viel stärkerem Maße statt als in dem von Sorauer beschriebenen; der ganze Stamm reinigt

sich mitunter bis in die stärksten Äste hinein. Das gleiche geschieht bei *Platanus acerifolia*[1]). So wurden vor einigen Jahren die Platanen der Manteuffelstraße in Berlin-Lichterfelde zur Verjüngung der Krone ihrer starken Äste beraubt. Der Erfolg war, daß bei der starken Saftentwicklung im nächsten Frühjahr, ehe die langen Peitschentriebe an den Ästen sich entwickelten, die Rinde sich derartig dehnte und verdickte, daß die Borke aller Stämme bis obenhin in großen holzartigen Blättern aufriß und abgeworfen wurde, so daß die Stämme mit glatter, fast weißer (naß grünlicher) Rinde fast birkenartig dastanden. Erst nach mehreren Jahren bildete sich wieder Borke mit den charakteristischen Platten der Platane.

Durch die Streckung des Rindenparenchyms unterscheiden sich diese Auftreibungen von der Lohkrankheit, bei der es sich im wesentlichen um Korkwucherungen handelt.

Auch bei Wurzeln sind derartige Auftreibungen der Rinde beobachtet worden. Aus der Umgebung von Lindau wurde vor einigen Jahren von einer bedenklichen Krankheit der Weinstöcke berichtet[2]), welche ähnliche Folgen wie die durch den Wurzelpilz verursachten hatte, aber sich nicht parasitär erwies. Die unterirdischen Stammteile und die älteren Wurzeln zeigten Längsrisse von 1—3 cm, aus denen anfangs weiße, später schokoladenbraune Schwielen hervorragten. Die in der Nähe derselben befindlichen Seitenwurzeln starben ab. Die Schwielen bestanden aus den in radialer Richtung abnorm verlängerten, kaum mehr zusammenhängenden Zellen des Rindenparenchyms. Mitten unter den erkrankten europäischen Reben fanden sich amerikanische Sorten in bester Gesundheit. Bekanntlich verbrauchen die ungemein üppig wachsenden amerikanischen Reben viel größere Wassermengen.

Derartige Gewebeschwielen sind viel häufiger, als man gewöhnlich annimmt, und kommen auch bei Zierpflanzen vor[3]). Sie sind Reaktionen des Pflanzenteiles auf Wundreize oder innere Gleichgewichtsstörungen in der Wasser- und Nährstoffzufuhr.

Rindenschwielen an jungen Zweigen.

Der Lohkrankheit in manchen Stadien ähnlich, wie es auch das im vorigen Abschnitt besprochene Abstoßen der Borke ist, aber in ihren Ursachen gänzlich verschieden ist das schwielige Aufschwellen der Rinde junger Zweige als Folge der Überernährung. Wie bei der Lohkrankheit durch den Abschluß der Verdunstung usw. die Lenticellen zu krankhafter Zellbildung veranlaßt werden, wird diese im Falle der Überfütterung wie beim Borkenabwurf durch krankhafte Steigerung des Wachstums in der lebenden Rinde in besonders stark ausgeprägten Fällen fast bis zu den Cambialzellen durch übergroßen Zustrom plastischen Materials und oft auch durch die Unmöglichkeit, die Menge der mineralischen Nährlösung zu assimilieren, hervorgerufen.

Am häufigsten findet sich die Erscheinung, wenn in den Baumschulen junge zur Formierung bestimmte Obstbäume zur Erzielung möglichst gleichmäßiger Langtriebe in einem lockeren, stark gedüngten Boden ver-

[1]) Grf. von Schwerin (Stärkerer Rindenabwurf der Platanen, Mitt. Dt. Dendr. Ges. XXVIII (1919) S. 180f.) hält für 1918 Juni-Nachtfröste für die Ursache.

[2]) Kellermann im Jahresber. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz. Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1892/93.

[3]) Sorauer, P., Über Rosenkrankheiten. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VIII, 1898, S. 220.

schult werden. In erster Linie sin es Birnen und Kirschen (Abb. 82), die zur Schwielenbildung neigen.

An jungen Zweigen von Kirschen studierte Sorauer in einem nassen Sommer an jungen, sehr kräftigen Bäumen einer Baumschule die Schwielenkrankheit in fortgeschrittenem Stadium. Abb. 82 zeigt, daß an diesen Kirschzweigen die Oberhaut bereits zerschlitzt oder in breiten, unregelmäßigen Streifen (*e*) aufgerissen ist. An den aufgeplatzten Stellen war eine intensiv ockergelb gefärbte Masse (*f*) erkennbar, die bei stärkerer Erschütterung durch Anschnellen pulverig verstäubte. Der Gesamteindruck dieser Triebe war so, als ob dieselben äußerst stark mit einem Rostpilze bedeckt wären.

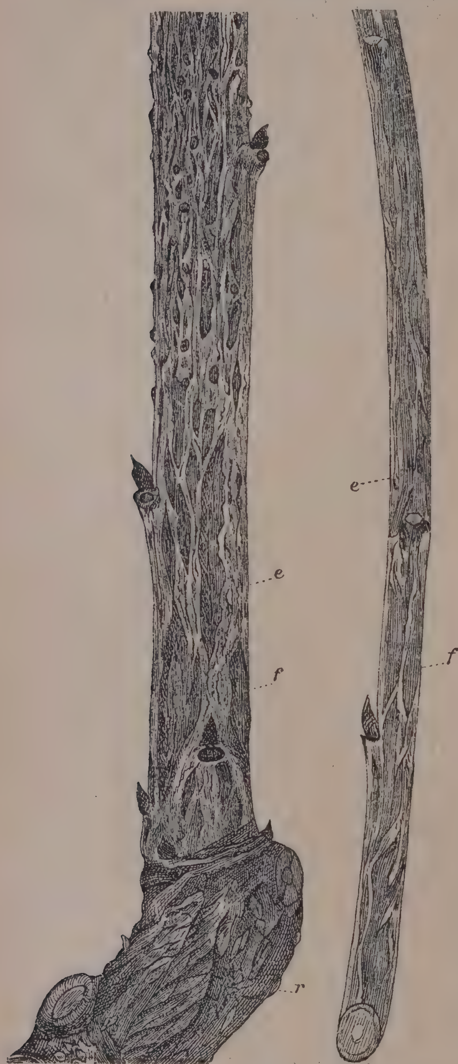


Abb. 82. Einjähr. und zweijähr. schwielenkranker Kirschenzweig mit den zerschlitzten Rindenstreifen. (Orig. Sorauer.)

Die ersten Anzeichen der Erkrankung traten im Juli auf, indem mitten zwischen normal wachsenden Stämmen einzelne Exemplare ihre Blätter gelb färbten und abwarfen. Trotzdem entwickelte die Endknospe der Zweige einen kräftigen Augusttrieb, der bis zum Herbst den größten Teil seines Laubes behielt. Im September zeigte sich, am ältesten Teil des Triebes beginnend und nach der Spitze hin an Intensität abnehmend, das vorerwähnte Aufplatzen der äußeren Rindenumkleidung und das Hervortreten der ockergelben sammetartigen Flächen. Bemerkenswert ist ferner der Umstand, daß fast nur die üppigen Wildlinge erkrankt erschienen; bei veredelten Exemplaren waren die Erscheinungen nur spärlich bemerkbar. Sodann zeigte sich, daß die Zweige, soweit sie noch ihre Blätter behalten hatten, wenig aufgerissene Rindenstellen, sondern nur geschlossene, schwielige Auftreibungen, also jüngere Stadien besaßen. An den zwei- und mehrjährigen Achsenteilen erkrankter Bäume kamen aufgerissene Rindenstellen (*r*) seltener vor; meist traten dort die einzelnen Herde als sehr breite, querverlaufende, auffallend hohe, ockergelb gefärbte Polster hervor.

Die Untersuchung dieser Polster und der breiten, aufgerissenen, abfärbenden Flächen am einjährigen Zweige ließ sofort eine große Übereinstimmung mit denen der älteren erkennen; nur konnte bei den letzteren nicht beobachtet werden, daß die Polster stäubten. Die abfärbenden Massen erwiesen sich als hellbraune, zylindrische, faltige Korkzellen mit abgerundeten Ecken, die einzeln oder in kleineren Gruppen sich ablösten.

Die stäubenden Zweige zeigen sich mit wenigen Ausnahmen sonst gesund; nur ist ihre Primärrinde durch beträchtliches Auseinanderweichen der Parenchymzellen sehr gelockert. Ebenso wie in der Rinde finden sich auch im Holzkörper Stellen von gelockertem Bau. In der Region, die ungefähr gegen Mitte des Sommers entstanden ist, bemerkt man Querbinden von gefäßlosem Parenchymholz, das mit Stärke vollgepfropft ist, während das normal gebaute Holz mit Ausnahme der Markstrahlen stärkelos ist. Innerhalb der Querbinden sind die Markstrahlen erweitert und zeigen hier Gummiherde.

Die ersten Anfänge der Schwielenbildung findet man bereits dicht unter der Gipfelknospe am obersten Zweiggliede, wo die Epidermis noch unverletzt, aber doch schon durch eine fünfschichtige Korklamelle etwa unterlagert ist. Diese aus verhältnismäßig dickwandigen Zellen bestehende, dem Tafelkork entsprechende Schutzschicht zeigt gleich bei ihrer ersten Anlage stellenweise insofern eine Änderung, als die unmittelbar unter der Epidermis liegenden Zellen sich zu parallel gestellten Reihen zylindrischer, radial gestreckter, braunwandiger Füllkorkzellen ausgebildet haben. Es liegt also hier der Charakter des Lenticellenbaues vor, den Stahl[1]) bei der Kirsche bereits eingehend beschrieben hat, und der nur insofern von der Stahlschen Beschreibung abweicht, als hier die Füllkorkpolster selten unter einer Spaltöffnung entstehen.

Mit dem Älterwerden des diesjährigen Triebes tritt ganz normal eine zweite Tafelkorklage unmittelbar unter der erstentstandenen auf; sie ist ebenso stark (nämlich 5—7 Zellen hoch) gefunden worden wie die erstangelegte, deren Zellen allmählich unter anscheinend geringer Quellung und Bräunung der Membranen zusammensinken. Durch diesen Vorgang erscheint die normale Korkbekleidung des Kirschzweiges in zwei Schichten differenziert. Die obere, ältere ist sehr dicht, da die Zellen meist derart zusammengesunken sind, daß ihr Innenraum nur als feiner Strich erkennbar ist; diese Schicht geht allmählich in die zweite, nachgebildete Korklage über. Bei letzterer sind die tafelförmigen Zellen sehr gleichartig und ihr weites Lumen mit wässerigem Inhalt oder auch mit Luft erfüllt; sie grenzen an eine gebräunt erscheinende Zellage mit deutlich plasmatischem Wandbelag, welche als Korkcambium die stellenweise eintretende Fortbildung der Korkschicht übernimmt. Die älteste zusammengesunkene, braune Korklage wird bei Behandlung mit Schwefelsäure deutlicher in ihrer Zusammensetzung erkennbar, da sich vielfach die Zellen dehnen und stellenweise ihre ursprüngliche Höhe und Weite, bisweilen fast quadratischen Querschnitt zeigen, während die Füllkorkzellen sich nicht verändern. Die später entstandene Schicht wölbt bei dieser Behandlung nach Zerstörung des Korkcambiums ihre jüngsten Korkzellen halbkuglig vor.

Bei der Anlage der mehrschichtigen lenticellenartigen Wucherungen wiederholt sich nun unterhalb des ersten Füllkorkherdes die Bildung derartiger Elemente in der sekundären Korklage.

Die Erscheinung ist also eine abnorme Steigerung des Rindenwachstums; ähnlich einer Lenticellenbildung entstehen zahlreiche und ausgebreitete Füllkorkpolster dicht nebeneinander, so daß dieselben miteinander verschmelzen, die Epidermis in zusammenhängenden, größeren Fetzen abstoßen und als gleichmäßige, einen großen Teil des Zweigumfanges

[1]) Stahl, Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticelle. Bot. Z. 1873, Nr. 36.

bekleidende, sammtige Fläche zutage treten. Die äußeren Lagen der Füllkorkpolster sind so locker, daß die peripherischen Zellen bei trockener Luft sich durch geringe Stöße aus ihrem Verbande lösen; daher das Abfärben der lohkranken Stellen bei Berührung mit dem Finger und das Stäuben der Zweige bei stärkerer Erschütterung. Die Verstäubung ist um so größer, je mehr Füllkorkzellen übereinanderliegen, und es sind Polster beobachtet worden, die aus 20 Zellen hohen Parallelreihen von Füllkork bestanden. In diesem Falle hatte der Streckungsvorgang die primäre Phellodermschicht in ihrer ganzen Dicke erfaßt, so daß die später gebildete, zweite Füllkorklage sich unmittelbar darunter anschloß, also eine trennende Tafelkorklamelle zwischen den einzelnen Generationen nicht übrig blieb.

Die Entstehung der Schwielenkrankheit wird auf großen Zucker- und Wasserreichtum des Rindenkörpers zurückgeführt werden müssen. Dieser lokale Überschuß wird einerseits durch reichliche Wasserzufuhr aus den Wurzeln besonders kräftig wachsender Individuen hervorgebracht. An den jüngsten, noch beblätterten Internodien fand sich, daß gerade diejenigen Stellen, in denen die Rinde Falten bildete, bevorzugte Herde für die Korkwucherungen waren. Solche Falten entstanden z. B. an den Orten, wo die Gefäßbündel für das Blatt aus dem Achsenzylinder heraustraten und die Rinde bei dem Übergang in den Blattstiel vorwölbten.

Auch bei anderen Steinobstsorten waren ähnliche Korkwucherungen von starken Lockerungsvorgängen in der Rinde, die zum Teil Verschiebungen der Baststränge nach außen zur Folge hatten, begleitet. Im jungen Holz bemerkte man mehrfach auch da, wo die Schwielenkrankheit nicht zum Ausbruch gekommen, einen schwach ausgebildeten Holzring und Reduktion der Hartbastbündel auf einzelne weite, mit braunrotem, gummosem Inhalt erfüllte Bastzellen. Spuren von Gummosis fehlten nirgends; bisweilen fanden sich reichliche Gummiherde. Bei Kirschen ließ sich von nebeneinander gebauten verschiedenen Sorten eine besondere Neigung einzelner Sorten zur Schwielenkrankheit erkennen, so z. B. bei der „Schwarzen Herzkirsche“ und bei „Winklers weißer Herzkirsche“.

Sämtliche bisher bekannte Fälle stammen von schweren oder stark gedüngten feuchten Böden oder moorigen Wiesen; bei einzelnen erklärten die Einsender, daß die erkrankten Bäume eine Stallmist- oder Jauchedüngung erhalten hatten. Diese Angaben im Vereine mit dem anatomischen Befunde lassen die Schwielenkrankheit als eine Folge übermäßiger Nährstoff- und Wasserzufuhr aus dem Boden erkennen. Diese Korkwucherungen und Lockerungserscheinungen im Rinden- und Holzkörper treten auch bei gesunden Bäumen in entsprechenden Standortsverhältnissen auf, steigern sich aber in der Schwielenkrankheit zur extremen Äußerung.

Anschließend seien noch einige Erscheinungen erwähnt, die vielleicht auf ähnliche Wachstumsstörungen zurückzuführen sind:

Auf den einjährigen Trieben von *Vitis vinifera* findet man mitunter schwarze Flecke, die etwas erhaben erscheinen. Molz (Centralblatt f. Bakt., II. Bd., XX, 1908, Nr. 8/9) beschreibt dieselben als kleine, runde Höckerchen von stumpf-kegelförmiger Gestalt („Rindenwarzen“), die als Ersatz für die bei *Vitis vinifera* fehlenden Lenticellen anzusehen sind. Sie tragen auf ihrem Gipfel je eine Spaltöffnung, die ziemlich früh vertrocknet. Dieses Vertrocknen greift auf die benachbarten Zellgruppen über und schreitet so lange weiter fort, bis ihm durch Bildung einer Schutzkorkschicht Einhalt getan wird. Je kräftiger und besser ernährt das Gewebe

ist, desto schneller wird der Schutzkork entstehen. Schlecht genährte Triebe erzeugen keinen Schutzkork, und daher werden auf diesen die Rindenwarzen besonders groß und zahlreich. Diese schwarzen Flecke geben also einen Maßstab für den Grad der Holzreife und Gesundheit der Rebe; je zahlreicher und größer sie sind, desto weniger ist im allgemeinen das Holz ausgereift.

Wir möchten auch auf den Schorfkrankheiten ähnliche, noch nicht studierte Erscheinungen an glattrindigen, jungen Bäumen aufmerksam machen. Linden, Ulmen, Eichen usw. zeigen auf gewissen Böden (z. B. die moorigem Untergrund), in der Umgebung von Adventivaugen oder -trieben runde, sich vergrößernde, borkig zerklüftende Rindenstellen. Dieser Rindenschorf ist in der Umgebung großer Städte, wo die Bäume häufig Bauschutt und Abfuhrstoffe im Untergrunde finden, nicht selten.

Nach der Schilderung, welche Th. Hartig[1]) gibt, ist auch die **Ringelkrankheit der Rotbuche** hierher zu ziehen. In einem Buchenorte von 20jährigem Alter sah Hartig viele Stangen von 1—2 m über dem Boden bis zum Gipfel in Abständen von 30—100 cm mit einem fast ringförmigen, etwas spiralig auseinanderlaufenden Wulste von der Dicke einer Federspule umgeben. Diese Wülste erwiesen sich als Überwallungserscheinungen von Wunden, welche ursprünglich durch Lenticellenwucherung veranlaßt worden waren. Die Korkbildung hatte dabei rückwärts immer tiefer in die Rinde hinein um sich gegriffen, bis sie den Holzkörper erreicht hatte. Dadurch war für ein bis zwei Jahre die Holzbildung an diesen Stellen vollständig unterbrochen worden. Ein erkennbarer Schaden der Krankheit, welche nur in sehr gutwüchsigen Stangenorten und dort wieder besonders an Stämmen erster und zweiter Klasse aufgetreten, ließ sich nicht konstatieren.

Wassersucht (Oedema).

Der Begriff der Wassersucht ist in der gärtnerischen Praxis keineswegs scharf umgrenzt; es werden Geschwülste aller Art, die weich und saftig sind, darunter verstanden. Wir wollen ihn, wie bemerkt, auf solche Mißbildungen beschränken, bei denen infolge übermäßiger Ansammlung wässeriger (d. h. nicht assimilierter) Lösungen durch mangelhafte Atmung oder Assimilation eine Deformation der bildungsfähigen Zellen und damit der Gewebe stattfindet[2]).

Schilling[3]) hat dadurch, daß er die Achsen usw. mit Paraffin und ähnlichen Stoffen bestrich und damit die Transpiration hinderte, an zahlreichen Pflanzen, auch an den unten beschriebenen, Wassersucht künstlich erzeugt. Es muß auf die durch 43 Abbildungen illustrierte Arbeit bezüglich der Einzelheiten verwiesen werden. Keine Pflanzengruppe scheint von dieser Krankheit verschont zu sein. Sperlich[4]) beschreibt mit 7 Abbildungen ausgeprägte Wassersucht an in Töpfen und in den Wintermonaten im

---

[1]) Hartig, Th., Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen, S. 211. Berlin 1852.

[2]) Küster (Pathologische Pflanzenanatomie, Jena 1903, S. 79ff.) nennt diese Gewebe hyperhydrisch, zugleich sind die Zellen durch die oft charakteristische krankhafte Vergrößerung „hypertrophiert" (a. a. O. S. 65ff.).

[3]) Schilling, E., Über hypertrophische und hyperblastische Gewebewucherungen an Sproßachsen, verursacht durch Paraffin. Jahrb. f. Wiss. Bot. LV (1915), S. 117ff.

[4]) Sterlich, A., Mit starkem Laubtriebausschlag verbundenes Ödem am Hauptstamm jugendlicher Topfpfl. v. Pinus longifolia Roxb. u. canadensis Ch. Sm. und seine Heilung d. vorzeitigen Borkenbildung. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XXXIII (1915), S. 418—27.

Gewächshause gezogenen *Pinus*-Arten. Namentlich die Elemente der primären und sekundären Rinde waren stark verbildet.

In der Praxis spielt die Wassersucht eine größere Rolle bei folgenden Gruppen:

Bei Beerenobst.

Seitdem die Anzucht der hochstämmigen Stachel- und Johannisbeeren durch Veredlung auf kräftige Triebe von *Ribes aureum* weitere Verbreitung gefunden, haben sich die Klagen über eine Krankheit der Unterlage, welche das Gelingen der Veredlung in Frage stellt, sehr vermehrt. Eine viel größere Anzahl von Pflanzen, als man gewöhnlich annimmt, ist davon befallen, und in manchen Sätzen ist der größere Teil stammkrank, nur wird der Schaden oft nicht beachtet.

Diese Krankheit ist von den Züchtern als „Wassersucht" bezeichnet worden und stellt eine der Schwielenkrankheit ähnliche Erscheinung dar; sie besteht in dem Auftreten geschlossener, d. h. von der äußeren Korkschicht bedeckt bleibender oder aber auch aufreißender Rindenbeulen (Abb. 83 A). Die Rindenauftreibungen sind bald nur klein, bald erreichen sie eine Ausdehnung von mehreren Zentimetern Länge; sie stehen entweder einseitig am Stamm oder umgeben denselben, miteinander verfließend, ringsum. Am häufigsten erscheinen sie an zwei- und mehrjährigem Holze; doch können sie auch sehr intensiv an einjährigen Zweigen auftreten und deren Tod unmittelbar nach sich ziehen, während das ältere Zweigholz zwar kränkelt, aber nicht direkt abstirbt.

Bei dem jetzigen Verfahren der Frühjahrsveredlung von *Ribes* im Hause zeigen sich häufig aufbrechende Beulen unmittelbar unter der Veredlungsstelle, und in solchen Fällen wächst die Veredlung nicht. Aber auch weiter rückwärts von der Veredlungsstelle sind in intensiven Fällen derartige Auftreibungen sowohl am Stamme zwischen je zwei Augen als auch namentlich dicht in der Nähe der Augen bzw. der aus ihnen bereits entwickelten Zweige zu finden. Man beobachtet Fälle, in denen am zweijährigen Holze die Basis eines stehengebliebenen Triebes tonnenförmig geschwollen und an dieser Stelle mit aufgerissenen Rindenfetzen bedeckt ist. Der Zweig oberhalb dieser Stelle ist abgestorben.

Die frische Geschwulst zeigt, sobald die dieselbe deckende Korkhülle, welche die Oberhaut des Zweiges darstellt, entzweigesprengt ist, unter dieser Hülle hervorquellend eine gelbliche, schwammig-weiche, callusähnliche Gewebemasse aus schlauchartig verlängerten, sehr inhaltsarmen, wasserreichen Zellen (Abb. 83 B *s*). Es ist die ehemalige normale Rinde, deren Zellen, in den Regionen zwischen je zwei Bastzellgruppen (Abb. 83 B *b*) beginnend, auf Kosten ihres sonst an grünem Farbstoff reichen Inhalts sich in der Richtung des Stammradius außerordentlich gestreckt haben. Sie sind zum Teil auseinandergewichen und haben bei ihrem stets zunehmenden Umfang endlich die äußersten ältesten Rindenlagen (Abb. 83 B *e k*), die an der Veränderung nicht mehr teilgenommen und frühzeitig durch Korkschichten (*k*) von dem darunterliegenden Gewebe abgetrennt worden sind, gesprengt[1]).

Nicht immer ist die Rinde in ihrem ganzen Querdurchmesser von der schlauchförmigen Streckung ergriffen; in sehr intensiven Fällen aber

---

[1]) Vgl. Sorauer in „Freihoffs Deutsche Gärtnerzeitung" 1. August 1880 und Göschke in Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb., Oktober 1880, S. 451.

gewahrt man schon eine Deformation der Zellen in der Cambialregion (*c*). Dann ist auch das Holz nicht mehr normal; an Stelle des bisher gebildeten, aus dickwandigen, langgestreckten Holzzellen und Gefäßen mit leiterartig durchbrochenen Querwänden bestehenden, normalen Holzes entsteht ein aus kurzen, weiten, verhältnismäßig dünnwandigen, parenchymatischen Zellen (*h p*) zusammengesetztes Holz. Der Querschnitt (Abb. 83 B) stellt den Übergang der gesunden Zweigseite *N* in die wassersüchtige *W* dar;



Abb. 83. Wassersucht bei *Ribes aureum*[1]). (Orig. Sorauer.)

h ist das normale Holz. Zur Zeit, als die Lage *st* entstand, machte sich die Krankheit in der Cambiumregion bemerkbar, und die Folge davon war, daß von da ab auf der kranken Seite Parenchymholz *h p* gebildet wurde, welches nach links bei einem Markstrahl *m* abbrach; noch weiter nach links entstand in derselben Zeit normales Holz. Ganz derselbe Unterschied macht sich in dem jüngsten Rindenparenchym *r p* bemerkbar. Durch die große, radiale Streckung der Zellen auf der wassersüchtigen Seite *W* werden die Hartbaststränge *b* bogenförmig nach außen gedrängt, und demgemäß

[1]) Vgl. auch Küster, E., Pathol. Pflzanat. S. 80, Abb. 18, 19.

sind auch die den Bastkörper begleitenden Zellreihen mit oxalsaurem Kalk *o* in steil ansteigende, unregelmäßige Reihen verschoben; *chl* sind chlorophyllreich gebliebene Parenchymgruppen. Bei diesem lockeren, wasserreichen Bau des Gewebes, welches die Geschwulst darstellt, ist es erklärlich, daß es keine lange Dauer hat. An trockenem Standort der Pflanzen und zunehmender Lufttrockenheit bräunt es sich rasch, schrumpft, fällt zusammen und stellt eine mürbe, braune Masse dar, die teils auf dem Holzkörper aufgelagert bleibt, teils den äußeren, bei Trockenheit sich zurückrollenden, klaffend auseinanderweichenden Rindenlappen anhaftet. Solche Stämme erhalten ein brandiges Aussehen und sind von der Kultur am besten ganz auszuschließen. Bei der Leichtigkeit, mit der solche Unterlagen auf kräftigem Boden wieder herangezogen werden können, wäre der Verlust durch die Krankheit minder empfindlich, wenn er nicht gerade die Topfexemplare, die veredelt worden sind, beträfe, und wenn nicht dadurch die Anzahl der Veredlungen bedeutend verringert würde.

Um die Ursache der Krankheit zu finden, ist es nur nötig, sich die gewöhnliche Art der Behandlung der Stämme zu vergegenwärtigen. Die durch Abschneiden jeder Art von Schößlingen oder seitlichen Trieben gereinigten Stämmchen werden meist an ihren Wurzeln mit Moos oder auch dichtem Stroh umwickelt und dann in eine zähe Mischung von Kuhdung und Lehm getaucht, so daß sich dadurch ein fester Ballen bildet. So werden sie, Ballen an Ballen, kalt oder frostfrei im geschlossenen Raum, Keller oder Kalthaus aufbewahrt, bis die Veredelung an ihnen Stück für Stück vorgenommen wird. Dann werden sie wieder dicht aneinander in ein Kalthaus gestellt und, wenn nötig, durch Überbrausen der Ballen vor Vertrocknen geschützt.

In dem feuchten Ballen beginnt bei der schwachen Verdunstung im geschlossenen Raum sofort die Wurzelentwicklung, und man kann sich leicht im Frühjahr überzeugen, daß bereits mehrere Zentimeter lange neue Wurzeln vorhanden sind. Die Saftbewegung beginnt im Kalthaus bei steigender Temperatur sehr schnell, und das Anwachsen des Edelreises geht meist sicher vor sich. Schon im Hause wird durch die schwache Verdunstung, den reichlichen Saftauftrieb der sehr nährstoffreichen Nährlösung und die Mobilisation von Mengen plastischen Materials, die für den zweig- und fast augenlosen Stamm (alles ist ja vorher entfernt) viel zu groß sind, eine Überfütterung hervorgerufen. Das wässerige Rohmaterial kann von den wenigen Blättern des noch nicht durch den Holzkörper verbundenen Edelreises nicht assimiliert werden, das plastische Material nicht zum Aufbau neuer Triebe genügend Verwendung finden. Die Folgen sind die Reizungen und Ansammlungen wässeriger Lösungen im Stamm, die die beschriebenen Deformationen („Wassersucht“) hervorbringen. Die durch den Wurzeldruck emporgetriebene Wassermenge macht sich in der Hauptsache in der schlauchförmigen Verlängerung der jüngeren Rindenzellen und der Bildung beulenartiger, schließlich aufreißender Auftreibungen geltend.

Direkte Versuche, durch reiches Gießen und schnelles Antreiben gut bewurzelter Exemplare im Warmhause unter fortgesetztem Stutzen der sich entwickelnden Seitentriebe die Wassersucht hervorzurufen, ergaben Sorauer äußerst günstige Resultate.

Vermeidung des zu schnellen Antreibens der Veredlungsanlagen und vorsichtiges Einstutzen (nicht gänzliches Entfernen) der hervorbrechenden

Triebe werden der Krankheit vorbeugen. Maurer[1]) hat die Verwendung von *Ribes nigrum* statt *R. aureum* als Veredlungsunterlage empfohlen. Aber Sorauer sind auch Fälle von Wucherungen der Achse bei der schwarzen Johannisbeere bekannt geworden, namentlich nach dem Verpflanzen solcher Stöcke, die zur Unfruchtbarkeit neigen.

Molz beobachtete Wassersucht bei Rebenstecklingen (Bericht der Kgl. Lehranstalt zu Geisenheim a. Rhein, 1906). Die Stecklinge hatten längere Zeit auf feuchtem Boden gestanden. Sie zeigten sich an einzelnen Stellen tonnenartig angeschwollen, wobei die äußeren Gewebeschichten der Länge nach aufrissen. In dem klaffenden Spalt wurde ein meist weißes, schwammiges Gewebe sichtbar, das aus hypertrophierten Rindenzellen bestand. Molz hält die Krankheit, die in feuchten Weinbergen nicht selten ist, für identisch mit der von Sorauer beschriebenen Wassersucht bei *Ribes aureum*.

Geschwülste und Überbildungen bei Kernobst.

Messungen haben Sorauer gezeigt, daß die Zweige der Kulturvarietäten eine fleischigere Rinde bekommen und der Holzring bedeutend an Dicke abnimmt[2]). Diese zunehmende Neigung mancher unserer Obstbäume, weiche, reservestoffspeichernde, parenchymatische Gewebe auf Kosten der Ausdehnung des Holzringes zu bilden, hat Sorauer als „Parenchymatosis" bezeichnet; sie wird vielfach oder zumeist durch Aufstau plastischen Materials erzeugt oder gefördert.

In besonderen Fällen erreicht diese Bildungsrichtung so extremes Übergewicht, daß Krankheiten entstehen. Solche beobachtet man nicht selten am Fruchtholz der Birnen, das sich zu tonnenförmigen, fleischigen Anschwellungen verdicken kann, welche die Züchter als „Fruchtkuchen" bezeichnen. Die krankhaften Störungen bestanden zuletzt darin, daß die Korklagen und äußeren Rindenschichten an einer Zweigseite schildartig abgeplatzt waren und eine grünlichgelbe callusartige Gewebemasse zum Vorschein kommen ließen, oder daß fast am ganzen Zweigumfang ringförmig, bei ähnlicher Gewebeveränderung, die Rinde in steifen, bröckeligen Schuppen sich abhob. Im letzteren Falle waren alle oberhalb einer derartigen Stelle befindlichen Zweige tot.

Wenn die Erkrankung an dem minder üppig entwickelten Fruchtholz, das als „Fruchtspieße" von den Fruchtkuchen unterschieden wird, sich geltend machte, sah man mehrfach eine vollständige Abgliederung dieser Zweigchen, ähnlich der von normalen Zweigabwürfen, wie sie bei den Pappeln alljährlich beobachtet werden. Bei dem vorliegenden abnormen Abwurf der Birne war die Bruchfläche aber nicht glatt, sondern uneben und wellig, dabei aber hellfarbig wie der Querschnitt des gesunden Holzes.

Der Querschnitt durch eine im Anfangsstadium der Erkrankung befindliche Zweigstelle zeigt, daß der Rindenkörper einseitig eine starke Entwicklung, vorzugsweise innerhalb der Primärrinde erfahren hat. Sein Parenchym ist dünnwandig, teilweise blasig oder schlauchförmig aufgetrieben und ungemein gelockert.

Ein Vergleich der Markkörper zwischen geplatzten und gleichalterigen gesunden Zweigen ergibt, daß letzterer um ein Drittel größer als der andere,

---

[1]) Der Obstgarten 1879, S. 182.

[2]) Sorauer, P., Nachweis der Verweichlichung unserer Obstbäume durch die Kultur. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1892, S. 66.

der Holzring dagegen nur ein Drittel so breit wie bei letzterem ist. Zu diesem Mißverhältnis gesellen sich noch bedeutende Strukturdifferenzen. Während ein gesunder Trieb die normalen Libriformfasern und ein reichlich entwickeltes Gefäßsystem zeigt, ist der Holzkörper des erkrankten Zweiges fast ausschließlich aus parenchymatisch dünnen Zellen aufgebaut, zwischen denen die Gefäßstränge eingelagert sind. Bei normalen Bäumen kann unter Umständen die Schwäche des Holzringes durch sklerenchymatische Elemente in der Rinde ausgeglichen werden[1]).

Die wassersüchtigen Zweige der Birne unterscheiden sich somit von denen bei *Ribes* insofern, als hier der Holzkörper mit in die Parenchymatose hineingezogen und gänzlich gelockert wird. Dadurch, daß die parenchymatisch gewordenen Holzzellen sich abrunden und aufblähen, werden die Gefäße allmählich verbogen, verschoben und schließlich zerrissen. Sobald der Lockerungsprozeß den ganzen Umfang eines Fruchtspießes oder Fruchtkuchens erfaßt, erfolgt die Abgliederung.

Die kranken Zweige stammten von Spalierbäumen aus einem gut bewässerten, mit Kuhdung reichlich versehenen Garten.

Wenn auch derartig extreme Fälle zu den selteneren Vorkommnissen gehören, so sind doch Anfangsstadien, die in Erweiterungen und Wucherungen der Markstrahlen und in Streckungsvorgängen bei einzelnen Rindenzellgruppen bestehen, gar vielfach zu beobachtende Erscheinungen.

Verbänderung (Fasciatio).

Durch starken Nährstoffzuschuß zur ganzen Pflanze oder auch lokal zu gewissen Teilen wird erfahrungsgemäß die Pflanze in ihrem Wachstum bis zur möglichen Grenze gesteigert. Darüber hinaus treten Störungen ein, von denen eine Anzahl, namentlich solche, bei denen die Unmöglichkeit, die wässerigen Lösungen zu verarbeiten, zu Deformationen von Blatt und Stengel geführt hatte, bereits besprochen waren. Durch einen starken Aufstau plastischen Materials (also im wesentlichen ohne die Mitwirkung der mineralischen Lösungen in den wachsenden Spitzen), namentlich in der Region des Vegetationskegels, müssen sich Veränderungen in der Gestalt des Stengels ergeben. Die Vergrößerung des Durchmessers des stielrunden Stengels hat naturgemäß eine bestimmte Grenze, wenngleich auch darin große Erweiterungen bei gewissen Pflanzen, namentlich solchen mit hohlen Stengeln, möglich sind. So beschreibt z. B. Lakon[2]) den Fall, daß ein junger Stengel von *Allium Cepa*, des Blütenstandes beraubt, bauchartig anschwillt. Das ähnliche Bild konnte er durch Lichtmangel und übermäßige Feuchtigkeit erzielen. Auch bei Gräsern, Umbelliferen, Compositen usw. ist diese oft fast tonnenförmige Erweiterung nicht allzu selten.

In der Mehrzahl der Fälle wird der Vegetationskegel seine Überproduktion meristematischer Zellen so anordnen, daß der eine Durchmesser im wesentlichen den normalen Maßen entspricht und die zuviel angelegten Zellen dann exzentrisch zu liegen kommen, der Querschnitt also ein Oval darstellt, welches sich bei weiterer Zufuhr plastischen Materials immer mehr verbreitern kann und schließlich flach wird.

Eine zylindrische Achse wird breit, bandartig. Es sieht dann so aus, als ob eine Menge Zweige miteinander verwachsen wäre; indes ist dies

---

[1]) Pieters, A., The influence of Fruit-bearing on the development of mechanical tissue in some Fruit-trees. Ann. of Bot. V. 10. London 1896, S. 511.

[2]) Lakon, G., Über eine Korrelationserscheinung bei *Allium Cepa* L. Flora 1913. Heft 3.

nicht der Fall, sondern es handelt sich um einen einzigen Zweig, der durch Verbreiterung seines Vegetationspunktes an der Spitze nicht einen Vegetationskegel besitzt, sondern eine kammartige Vegetationsfläche ausbildet[1]).

In der beistehenden Abbildung einer Fichtenfaszination (Abb. 84) erkennen wir die Einheitlichkeit der verbreiterten Achse erstens in der fortlaufenden Spirale der Nadelstellung, namentlich bei 1 und 2, und



Abb. 84. Verbänderter Ast von *Picea excelsa*.
Der ursprüngliche, bereits bandartige Trieb (*1*) hat in demselben Jahre drei neu auseinander hervorsprossende Etagen (*2*, *3*, *4*) gebildet. *a* Knospenschuppen. (½ nat. Gr. Nach Nobbe.)

ferner in den Querschnitten *A* und *B* (Abb. 85), deren Mark- und Holzkörper eine einzige zusammenhängende, gleichmäßige Fläche bilden und nicht etwa eine Verschmelzung von vielen nebeneinanderstehenden Einzelringen zeigen, wie dies der Fall sein müßte, wenn eine Verbänderung durch Verwachsung vieler ursprünglich getrennt gewesener Achsen entstanden wäre. Diese Anschauung ändert sich auch nicht bei Betrachtung der



Abb. 85. Querschnitt der verbänderten Fichtenzweige, *A* aus dem oberen, *B* aus dem unteren Zweigteile.
α Rinde mit Blattkissen, *β* Holzkörper, *γ* Mark. (Nat. Gr. Nach Nobbe.)

Fasziation der Erle (Abb. 86), bei der wir außer der überall vorkommenden charakteristischen Krummstabbiegung der Zweige infolge einseitiger Wachstumssteigerung auch die bei Laubhölzern häufigere Abspaltung zylindrischer Zweige von dem Bandkörper wahrnehmen können. Es liegt

[1]) Schiewek, Über Pflanzen-Verbänderung. Diss. Breslau 1867. — Über Verbänderungen an Nadelhölzern vgl. H. Schenck, Mitt. Deutsch. Dendr.-Ges. 1916, S. 37ff. mit 8 Tafeln. — Muth, Fr., Über Bildungsabweichung a. d. Rebe (*Vitis vinifera*). Zeitschr. f. Weinbau und Weinbeh. 1915, S. 346ff. (handförmige Verbänderung). — Bacarini, P., Sulle fasciazioni di *Bunias orientalis* Linn. Nuov. Giorn. Bot. It. n. s. XXVI, S. 178—193 (1919) beschreibt 6 Typen von Verbänderungen an dieser Pflanze.

eben im fasziierten Stengel das Material gehäuft für viele Achsen, die sich isolieren können; aber er selbst ist eine Einheit. Eine ausführliche Beschreibung einer umfangreichen Verbänderung an *Picea alba* lieferte neuerdings A. Schäfer[1]).

Über das Zustandekommen der Verbänderungen, die sich durch die große Vermehrung ihrer Blätter und Blattspurstränge als Hypertrophie kennzeichnen, können wir nur Vermutungen aussprechen. Ursprünglich muß eine Achse, die später verbändert, eine Hemmung erlitten haben. Daß ein Druck von zwei entgegengesetzten Seiten die Achse bandartig machen kann, ist durch vielfache, auch eigene Beobachtungen, erwiesen, wo normale Stengel, durch eine enge Spalte gewachsen, verbänderten. Unter Umständen kann eine solche veränderte Wachstumsrichtung anhalten, wenn die Hemmung selbst bereits verschwunden ist. So zitiert Treviranus eine Beobachtung über einen durch Druck an der Mauer bandförmig gewordenen Stengel von *Campsis* (*Tecoma*) *radicans*, der noch bandartig blieb, als er weit über die Mauer hinaus gewachsen war. Dabei wurden auch die weiter sich entwickelnden Zweige noch teilweise bandförmig. Dasselbe beobachtete Graebner bei *Tamus communis*, der, zwischen Dachziegel und Rinne geklemmt, handbreit verbänderte und im ganzen Verlauf so blieb.


Abb. 86. Fasziation von *Alnus glutinosa*. (½ nat. Gr. Nach Nobbe.)

Außer solchem seitlichen Drucke kann in anderen Fällen wahrscheinlich auch ein vorübergehender Druck von oben eine Verbreiterung des Vegetationspunktes zu einer Vegetationsfläche veranlassen, und ein solcher Druck kann möglicherweise schon durch abnormes Verhalten der Knospenschuppen (verzögerte Lockerung durch Verharzung, Vertrocknung u. dgl.) zustande kommen. Falls nicht abnorme Drucksteigerung vorhanden, können direkte Verletzungen der Vegetationsspitze Veranlassung zur Vermehrung der Vegetationspunkte geben.

Ist die Verbänderung einmal zustande gekommen, kann sie mitunter durch Stecklinge fortgepflanzt werden, ja unter Umständen samenbeständig sich erweisen, wie wir dies bei unserer beliebten Gartenpflanze *Celosia cristata*, dem Hahnenkamm, sehen. Noch beachtenswerter ist der von

---

[1]) Schäfer, A. Mitt. Dt. Dendrolog. Ges. 1920. S. 52—56 mit 16 Fig. (1921).

Wettstein[1]) beschriebene Fall von *Sedum reflexum*. An einer ganz normalen, auch später stets normalen Pflanze war ein kleines verbändertes Triebchen aufgetreten, welches er abtrennte und steckte. Nicht nur die daraus erwachsene Pflanze blieb dauernd hahnenkammartig, auch die von ihr erzeugten Samen lieferten schon in erster Generation 60% kammartige Pflanzen, die zweite Generation war bereits zu mindestens 71% samenbeständig. Die Fähigkeit zur Fasziation ist bei allen Pflanzen vorauszusetzen, und wirklich beobachtete Fälle wurden schon von Masters[2]) in großer Anzahl (150) gemeldet. Wie erwähnt, ist von der eigentlichen Fasziation die fasziierte Verwachsung zu unterscheiden, die durch bandartiges Verkleben isolierter Achsen zustande kommt. Lopriore[3]) hat derartige Fälle bei Wurzeln künstlich hervorgerufen.

Zwangsdrehung (Spiralismus).

Mit obigem Namen bezeichnet A. Braun[4]) diejenigen Stengelmißbildungen, welche in tonnenförmig aufgeblasenen Stellen bestehen, an denen die Riefen, welche von den Blättern herablaufen und die zu ihnen gehörenden Gefäßbündel darstellen, eine extreme, spiralige Windung zeigen. Bisweilen ist die tonnenförmige Anschwellung so stark, daß der Stengel in derRichtung der Spiraldrehung reißt und sich an diesen kranken Stellen in eine Anzahl Spiralbänder spaltet. Von Schimper ist die Wachstumsstörung „Strophomanie" genannt worden. Die meisten Fälle sind aus den Familien der Dipsacaceen, Compositen und Rubiaceen bekannt geworden. Einzelne Vorkommnisse werden auch von Labiaten, Scrophulariaceen, Cruciferen und unter den Monokotyledonen von *Asparagus, Lilium, Orchis, Triticum* usw., außerdem auch von *Equisetum* beschrieben.

Von ihnen verschieden ist die verstärkte Spiraldrehung normal gebauter Holzstämme, die wir auf Hemmungen im Längenwachstum (meist infolge von Wasser- und Nährstoffmangel) zurückführen.

Bei weitem nicht in allen Fällen ist der zwangsgedrehte Stengel tonnenförmig, er kann auch flach- bis bandförmig sein und sich dabei um seine Längsachse drehen. Die Ursache ist das ungleiche Längenwachstum der einzelnen Teile einer Verbänderung; der stärker wachsende Teil ist dann gezwungen, um den kürzerbleibenden sich korkenzieherartig zu drehen. Bildet die kurze Seite aber eine Kante des Bandes, so kann die längere auch über die kürzere hinwegwachsen und die Spitze seitwärts bis abwärts zwingen. Es kommen dann die eigenartigen bischofstabartigen Gebilde heraus, wie eines im Kleinen auf Abb. 86 angedeutet ist.

Daß Zwangsdrehungen auch mitunter erblich sein können, beweist der Fall des *Dipsacus silvestris* f. *tortus*[5]) und der entsprechenden Form von *D. laciniatus*.

[1]) Wettstein, R. v., Die Erblichkeit der Merkmale von Knospenmutationen. Festschrift z. Aschersons 70. Geburtstag. S. 509ff. mit 3 Abb.

[2]) Masters, Vegetable Teratology 1869, S. 20 (vgl. Penzig und die Einzelfälle in den Bot. Jahresberichten). Penzigs bekannte Pflanzenteratologie erschien 1920f. in zweiter stark vermehrter Auflage (Berlin, Gebr. Bornträger).

[3]) Lopriore, G., Die Anatomie bandartiger Wurzeln. Roma 1902. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1904, S. 226.

[4]) Sitzungsberichte naturf. Freunde z. Berlin 1872, zit. Bot. Zeit. 1873, S. 11 u. 30.

[5]) De Vries, Über die Periodizität der partiellen Variationen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XVII (1899), 49.

Knospensucht (Blastomanie).

Zu den Erscheinungen, bei welchen sich ein Überschuß von plastischem Material auf meristematische Gewebe geltend macht, gehört auch das Auftreten von Blattorganen an Stellen der Achse, die normalerweise blattlos sein sollen (Chorise), und die Vermehrung der Blattorgane in einem Knoten (Verdopplung, Dédoublement), sowie die Vervielfältigung der Teile eines zusammengesetzten Blattes (Pleophyllie). Das häufigste Beispiel für letzteren Fall sind die vierblätterigen Kleeblätter, über welche eine neue Studie von Tammes[1]) zunächst erwähnt, daß de Vries durch fortgesetzte Selektion bereits eine Rasse geschaffen habe, deren Individuen sehr reich an vier- bis siebenzähligen Blättern sind. Es liegt hier wieder ein sehr hübsches Beispiel vor, wie einmal zufällig entstandene Übcrernährungserscheinungen erblich werden können. Wir haben auf diesen Punkt auch bei den Verbänderungsvorgängen hingewiesen. Bei dem Klee erscheinen einzelne Nervenäste kräftiger und gespalten, so auch der Mittelnerv, und zwar bisweilen noch über den Blattstiel hinaus. Dann trägt jeder Teil des gespaltenen Blattstiels an seiner Spitze einige Blättchen. An den Zweigen zweiter, dritter und vierter Ordnung, bei denen die Nährstoffzufuhr schon nachläßt gegenüber den erstentstandenen, kräftigen Achsen, läßt auch die Pleophyllie nach. Weniger in die Augen springende Beispiele finden wir bei allen Pflanzen; überall zeigen sich in den für die Nahrungszufuhr am günstigsten gestellten Zweigen solche Blätter, die besonders stark entwickelte Blattflächen und dann Gabelungen einzelner Rippenäste erkennen lassen; besonders häufig ist dies bei Farnen, bei denen allerdings wohl noch die nahe Verwandtschaft mit den Gruppen mit Scheitelzelle und echter Dichotomie eine Rolle spielt.

Am häufigsten begegnet man solch üppig ausgebildeten Blattformen bei dem sogenannten Stockausschlag, also den aus schlafenden und adventiv gebildeten Augen hervorgehenden Trieben an den Stümpfen gefällter Bäume (z. B. *Populus* und *Morus*). Die Größenverhältnisse pflegen weit über das Durchschnittsmaß hinauszugehen, und die Blattformen weichen bis zur Unkenntlichkeit oftmals vom Typus ab. In diesen Fällen haben die neuentstehenden Triebe das gesamte gespeicherte Reservematerial des Baumstumpfes zur Verfügung, und daher die enorme Steigerung ihrer Produktion. Nicht verwechselt darf dieser Stockausschlag werden mit den Wasserreisern als Folge schlechter Ernährung und Bodendurchlüftung (vgl. S. 168), wenngleich natürlich die Bildung der Wasserreiser im letzten Ende auch auf einen zeitweisen lokalen Saftaufstau in den alten Ästen infolge der Ausschaltung der Spitzentriebe und des Tragholzes zurückzuführen ist.

Ein abnomes Austreiben während des Sommers, gleichfalls durch einen Überschuß plastischen Materials, bei manchen Gehölzen fast regelmäßig als Johannistrieb[2]) bekannt, führt öfter zum Abfrieren dieser bis zum Herbst nicht ganz ausgereiften Triebe, und dadurch wird öfter im nächsten Jahre eine Knospenanhäufung an ihrem Grunde verursacht; dies sowie überhaupt die Häufung von Knospen durch Zerstörung der Hauptknospe an den Zweigen kann mitunter zur Ausbildung einer Art

[1]) Tammes, Tine, Ein Beitrag zur Kenntnis von *Trifolium pratense quinquefolium* de Vries. Bot. Zeit. 1904, Heft XI, S. 211.

[2]) Vgl. H. Späth, Der Johannistrieb. Diss. Berlin. Paul Parey 1912.

von Hexenbesen führen, die wir als „Zweigsucht" ansprechen können. Die Häufung des plastischen Materials an einzelnen Aststellen, die sich allmählich durch proleptische, nestartige Zweigbildung zu verwerten sucht, dürfte allerdings in der Mehrzahl der Fälle durch parasitäre Reizung zustande kommen. Namentlich die Pilzgattung *Taphrina* (*Exoascus*) übt auf die Zweige verschiedener Laubbäume einen Reiz aus, der zur Hexenbesenbildung führt (s. Bd. II); in anderen Fällen finden wir Rostpilze oder Milben aus der Gattung *Phytoptus*. Außer diesen parasitären Formen existieren aber sicher solche, bei denen andere Organismen nicht im Spiele sind. Wir sahen manchmal, namentlich bei krautartigen, schnellwüchsigen Pflanzen (*Campanula*, *Pelargonium*) wie auch bei Bäumen und Sträuchern eine Knospensucht (Blastomania A. Brauns), und daraus Zweigsucht (Polycladie) als Korrelationserscheinungen auftreten. Einen interessanten Fall von Knospensucht, der fast hexenbesenartige Gebilde erzeugt, beschreibt Grevillius[1]) am *Asparagus Sprengeri*. An den dünneren Zweigen entstanden bei reichlicher Ernährung und Bewässerung in feuchter Luft und schlechter Belichtung zahlreiche knotige, grundachsenartige Gebilde in den Achseln der Schuppenblätter, die zum Teil wieder zum Austrieb gelangten. Auffällig ist auch die von K. Hildén[2]) beschriebene Erscheinung an Erbsen: an Stelle der Blütenstiele standen reichlich verzweigte Miniatursprosse; diese trugen kleine Blätter, Nebenblätter und mißbildete, nur bis 1 cm lange Blüten.



Abb. 87. Rosettentrieb einer Kiefer. In der Achsel der einfachen schwertförmigen Nadeln zeigen sich die Kurztriebe mit Doppelnadeln. (Nach Ratzeburg.) (Vergrößert.)

Bei Siechtum oder Verlust der blühenden Äste bilden sich bisweilen an der Basis der Stengel kleine fleischige Kuchen aus dichtgedrängten Knospenanlagen, von denen einzelne sich zu schwächlichen Zweigen verlängern. Bei kränkelnden Gehölzen erschöpft sich manchmal das Wachstum durch fortdauernde Neubildung von kurzen Zweigen, weil die Blütenstandsachse sich nicht weiter verlängert, sondern unter Vergilbung zum Stillstand kommt. Bei *Calluna vulgaris* finden wir an Stelle langer, blütentragender Äste blütenlose Zweignester von pyramidaler Form, die auch als Hexenbesen anzusprechen wären.

In anderen Fällen entsteht, wie oben bemerkt, Polycladie und Buschform durch Entwicklung normal angelegter, aber bisher schlafend gebliebener Seitenaugen bei Verletzung der Gipfelknospen. Besonders oft findet dies z. B. bei dem Verbeißen durch Wild statt. Bei Kiefern entstehen durch Entwicklung der Scheidenknospen die sogenannten „Rosettentriebe", welche die Krone buschförmig machen; ähnlich erscheinen die sogenannten „Kuhbüsche" bei Verletzung von Buchen, Erlen usw. durch Weidevieh und Wild.

Zahlreich sind die reinen Knospenvariationen, bei denen ohne

[1]) Grevillius, A. Y., Über verbildete Sproßsysteme bei *Asparagus Sprengeri* Regel. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 17ff. mit 7 Abb.

[2]) Hildén, Kaarlo. Tvenne monströse Pisum-exemplarer. Meddelanden Soc. Faun. Fl. Fenn. XLIV (1918), S. 70ff. mit 2 Abb.

jede erkennbare Ursache in einzelnen Zweigen das Längenwachstum beschränkt wird und dafür eine reichere und schnellere Entwicklung von Seitenzweigen sich einstellt. Die meisten Beispiele liefern die vielen Kulturvarietäten unserer Gärten in den genannten Kugelformen der Nadelhölzer und in den Zwergformen der Blütensträucher. Bei den kurzlebigen Sommergewächsen (*Ageratum*, *Zinnia*, *Tagetes* usw.) sehen wir, daß der Zwergwuchs zur samenbeständigen, erblichen Eigenschaft werden kann.

Hierher gehört ferner der Rückgang auf die Jugendformen[1]) bei Gehölzen, die nach starken Verletzungen frisch und kräftig austreiben. Auch die genannten Rosettentriebe, wie sie Abb. 87 von der Kiefer darstellt, sind Folgen lokaler Überernährung, die dadurch zustande kommt, daß die Bäume vorher äußerst starke Verluste an ihrem Laubkörper (meist durch Raupenfraß) erlitten haben. Die mobilisierten Baustoffe, welche dadurch ihr Ernährungsgebiet verloren haben, strömen nun den ruhenden Augen, die zwischen den normalen Nadelbüscheln angelegt oder in Form schwächlicher Quirlknospen deutlicher erkennbar sind, zu und veranlassen dieselben zum Austreiben. An Stelle von Nadelbüscheln entstehen dann einfache, breit schwertförmige Nadeln mit gezähntem Rande; in deren Achseln können dann, wie unsere Abbildung es zeigt, wieder normale Kurztriebe (Nadelbüschel) gebildet werden.

Als Folgeerscheinungen des oben S. 363 erwähnten von Sperlich beschriebenen Ödems an *Pinus* entstanden gleichfalls Langtriebe in der Jugendform.

Betrachten wir die geschilderten Fälle in ihrer Gesamtheit, ergibt sich sofort der übereinstimmende Zug in denselben. Es ist überschüssiges Baumaterial in einem Teil der Achse vorhanden. Und zwar ist durch Überernährung wirklich neu vom Blattapparat gebildete organische Substanz einem Achsenteil zur Verfügung gestellt, oder es kommt eine Anhäufung der Baustoffe lokal dadurch zustande, daß mobilisiertes Reservematerial nicht sein bisheriges Verbrauchsgebiet findet, indem dasselbe durch Verletzungen (Raupenfraß, Verbiß, Schnitt, Sturm usw.) verloren gegangen ist. Wirft sich dieses überschüssige Material auf bereits vorhandene Organanlagen, so kommt dasselbe in erhöhter Ausbildung der normalen Form oder im Rahmen der vorschreitenden Metamorphose in anderer Organform zum Ausdruck. Gelangen die Baustoffe an einen Vegetationspunkt, werden mehr Organe angelegt. Jeder Vegetationspunkt ist stets das Produkt der ihm zu Gebote stehenden Nahrung; er hält sich nur so lange innerhalb seiner morphologischen Gesetzmäßigkeit, als der Ernährungsvorgang der bisher übliche war. Steigert sich die Menge der Baustoffe, bildet er mehr Organanlagen, und damit können sich die erblich gefestigten Blattstellungsgesetze ändern und abnorme neue Vegetationspunkte in Form von Knospen sich bilden.

Es ist soeben der sogenannte „Stockausschlag" erwähnt worden. Die Erscheinung ist überall zu beobachten, wo alte Stämme von Pappeln, Eichen, Buchen, Kastanien usw. gefällt worden sind. An der Schnittfläche des Stammstumpfes erhebt sich aus der kambialen Zone ein Überwallungsrand, in welchem zahlreiche Adventivknospen gebildet werden. Daß auch an Wundflächen krautartiger Stengel und Blätter neue Knospen entstehen, zeigen die vielfachen Vermehrungsvorgänge durch „Blattstecklinge"

[1]) Diels, L., Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich. Berlin 1906. Gebr. Bornträger. — Göbel, Organographie, 2. Aufl., I., Jena 1913, S. 383ff.

(vgl. später) von Begonien, Gesneraceen usw. Als ebenso bekannt vorauszusetzen ist die Eigenschaft der „Viviparität", d. h. der Entwicklung neuer vegetativer Knospen aus einer unverl tzten Blattfläche innerhalb des normalen Entwicklungsganges (*Asplenum*, *Bryophyllum*, *Tolmiea*, *Cardamine pratensis dentata* usw.). Oft beobachtete, nicht normale Fälle sind solche Knospenbildungen bei *Drosera intermedia*, *Arabis pumila* usw. Duchartre sah aus den Blättern von *Solanum lycopersicum* kleine beblätterte Zweige hervorgehen. Braun beobachtete an den Blättern und namentlich an den Stengeln der Kulturformen von *Calliopsis tinctoria* so überreiche Adventivknospenbildung, daß er z. B. auf einem etwa 20 cm langen Stengelstück gegen 300 zählen konnte[1]). Besonders häufig ist die Ausbildung zahlreicher Knospen an den Schößlingen von *Lonicera coerulea*, bei der oft eine Leiste von Knospen bis zum nächstoberen Blattpaar sich entwickelt. Auch bei anderen Pflanzen sind derartige Fälle beobachtet worden[2]), Sorauer sah Exemplare von *Pelargonium zonale* und *P. peltatum* mit kuchenförmigem, fleischigem Stengelauswuchs an der Basis, der gänzlich mit kleinen Knöspchen bedeckt war. Einzelne kräftigere Exemplare derselben entwickelten sich so weit, daß man äußerst kleine Blättchen unterscheiden konnte; die Mehrzahl der Knospen ging durch gegenseitigen Druck zugrunde. Ein gleiches fleischiges Polster bildete einmal *Dahlia variabilis*, die im Vermehrungskasten angetrieben worden war, und aus der Stengelbasis neue Augen entwickelte. Die Triebe wurden sofort zu Stecklingen abgeschnitten, worauf aus den Basalaugen der krautigen Zweigstumpfe sich neue Seitentriebe entwickelten, die immer zahlreicher, aber auch immer schwächlicher wurden. Es entstand auf diese Weise eine krautartige Kropfmaser.

Die Kropfmasern[3]) (Holzknollen, Knollenmaser).

Der vorerwähnten, selten vorkommenden Knospenhäufung bei krautartigen Pflanzen entspricht völlig die Kropfmaserbildung bei Bäumen, die (mit spärlichen Ausnahmen) dadurch zustande kommt, daß normale Knospen am Austrieb verhindert werden und statt dessen aus den Knospenschuppen Seitenaugen bilden. Diese Seitenaugen kommen entweder auch nicht zur Entwicklung von Zweigen, oder die letzteren sterben bald wieder ab, und aus den Achseln der grundständigen Knospenschuppen entstehen wieder neue Augen, so daß schließlich ein kleines Nest von Blattknospen zustande kommt.

Trécul[4]) beschreibt einzelne Fälle (Eiche, Hainbuche) der Knollenbildung eingehend und kommt zu dem Schlusse, daß die Knollen immer ihre Entstehung einer Knospe verdanken, die zunächst in direkter Gefäßverbindung mit dem Holzkörper des Astes oder Stammes steht. Eine solche Knospe kann mehrere Jahre vegetieren, ohne mehr als 2 mm (wenigstens bei der Hainbuche) über die Oberfläche der Rinde hervorzutreten.

---

[1]) Braun, A., Über abnorme Bildung von Adventivknospen am krautartigen Stengel von Calliopsis tinctoria Dec. Verh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XII, S. 151.

[2]) Magnus, P., Verh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XII, S. 161.

[3]) Nach Virchow bezeichnet Küster (Pathol. Pflzanat. 4, 132ff.) alle abnormen „Massenzunahmen, die durch Zellenteilung zustande kommen", als Hyperplasie, also neben Gallenbildungen usw. auch die Kropfmasern. Vgl. auch Küster a. a. O. S. 182ff.

[4]) Trécul, Mémoire sur le dévelopement des loupes et des broussins, envisagés au point de vue de l'accroissement en diamètre des arbres dicotyledonés. Annales des scienc. nat. 3. série. Botanique XX, 1853, S. 65.

Nach einigen Jahren dieses Zustandes von Lethargie kann sich der Fibrovasalkörper neu beleben, sich zu einer kugeligen oder ovalen oder selbst quergestreckten Holzknolle ausbilden.



Abb. 88. Kropfbildungen an Eichenästen (etwa $^1/_2$ natürl. Größe; nach Laubert[1]).

Das Absterben der ruhenden Knospen erfolgt, wenn äußere Ursachen nicht beitragen, nach einer größeren Anzahl von Jahren von selbst, indem der Zusammenhang des in der Rinde befindlichen Knospen-

[1]) Laubert, R., Rätselhafte Kropfbildungen an Eichen, Birken und Rosenzweigen. Deutsche Landwirtsch. Presse XXXVI (1909), S. 211—213, mit 4 Abb. — Über Eichenmaserholz vgl. Frank, Krankheiten der Pflanzen, S. 126, Fig. 21.

teils von dem im Holzkörper befindlichen dadurch aufgehoben wird, daß sich der Holzmantel des die Knospe tragenden Zweiges zwischen beide Teile schiebt. Der mit Schuppen versehene, der Rinde aufsitzende äußere Teil der Knospe bleibt noch lange an seiner Stelle; er vertrocknet sehr allmählich und wird endlich abgestoßen.



Abb. 89. Kropfbildungen an Birkenzweigen (etwa 1/2 natürl. Größe; nach Laubert).

Diese ursprünglich an dem Holzkörper befestigt gewesene Knospe kann sich also loslösen durch Abreißen ihres Fibrovasalkörpers vom Holzkörper des Stammes. In der Regel stirbt darauf die Knospe in ihrem äußeren, über die Rindenoberfläche hervorragenden Teile; dagegen fährt der in der Rinde jetzt isoliert liegende Knospenfibrovasalkörper fort, neue Holzlagen und eigene Rindenlagen zu bilden, ohne die Mitwirkung von

Blättern; er muß also sein plastisches Material aus der umgebenden Stammrinde beziehen. Dieses Wachstum kann viele Jahre hindurch andauern; die Außenseite der Holzknollen kann der Zerstörung durch die äußeren Agentien anheimfallen, und trotzdessen können diese noch auf der Innenseite fortfahren, neues Holz zu bilden. Diese Knollen entstehen bei der Rotbuche sowie bei der Hainbuche aus Adventivknospen.

Die Entstehung der Knollen bei der Rotbuche aus Proventivknospen beschreibt Th. Hartig[1]). Die schwachen Basalknospen (Kleinknospen) sterben bei der Rotbuche etwa nach 20 Jahren insofern ab, als der in der Rinde befindliche Knospenstamm von dem im Holzkörper befindlichen Teile durch Zwischenlagerung einer vollkommen gleichmäßig zusammenhängenden Holzschicht des die Knospe tragenden Zweiges getrennt wird. Der in der Rinde liegende Teil der Proventivknospe kann sich aber noch lange Zeit lebendig erhalten und, gleichsam ein parasitisches Leben führend, durch fortdauernde konzentrische Holzbildung zu jenen erbsen- bis haselnußgroßen, über die Rinde hervortretenden Holzknollen heranwachsen, die üppig gewachsenen Buchenstämmen im mittleren Alter so eigentümlich sind.

Dutrochet[2]) beschreibt in seiner der damals herrschenden Knospenwurzeltheorie verwandten Anschauungsweise der knolligen Auswüchse als Knospenembryonen (mérithalles), die sich nicht, wie dies bei Herstellung der Achse normalerweise der Fall sein sollte, aufeinander und zwischeneinander einpfropfen, sondern die ohne Verbindung mit den übrigen Knospenembryonen und deren Gefäßsträngen bleiben, also nicht dem Achsenzylinder sich einverleiben. So lange ein solcher Embryo, eine Adventivknospenanlage, isoliert in dem anderen Gewebe verbleibt, entwickelt er kein Blatt und keine Knospe; er behält seine kugelige Form und wächst, indem er immer neue konzentrische, mit eigener Rinde versehene Holzschichten entwickelt, weiter. Legt aber dieser isolierte Holzkörper solcher Adventivknospenanlage sich endlich an den Achsenkörper an, verschwindet seine eigene Rinde durch Druck, und nun bildet der Holzknoten eine wirkliche Knospe, die Blätter entwickelt. Jetzt stellt er eine Knollenmaser dar (loupe); eine Vereinigung mehrerer derartiger Knollen bildet eine Kropfmaser (broussin).

Diese Anschauung weicht insofern von den früher entwickelten Ansichten ab, als hier die Knospe das Endprodukt der Knollenbildung, dort der Ausgangspunkt derselben ist. Lindley[3]), der die von Dutrochet erwähnten Knollen bei Buchen, Zedern und Pappeln bespricht und bei einer Pappel[4]) auch Zweige aus ihnen hervorbrechen sah, betrachtet sie als aus Adventivknospen entstanden und zählt einen weiteren, von Manetti erwähnten Fall bei alten Ölbäumen hierher. Bei diesen sollen die Knollen (Gnaurs) mit einem Stück Rinde ausgeschnitten und gepflanzt werden; diese von Manetti als „Uvoli" bezeichneten Knollen sollen dann junge Pflanzen geben. Treviranus, dem Knollen einer Zeder von Morren zugesendet worden, bestätigt im allgemeinen den Bau der von Dutrochet

---

[1]) Hartig, Th., Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands, S. 176. Berlin 1852.

[2]) Observations sur la forme primitive des embryons gemmaires des arbres dicotyledonés, 1837. (Nouv. Mém. du Mus. d'Hist. nat. IV.)

[3]) Lindley, Theory of Horticulture 198. Übersetzung von Treviranus 1850, S. 37.

[4]) a. a. O. S. 224.

beschriebenen Knollen; er zieht in dieselbe Kategorie die Erscheinungen der isolierten Gefäßbündel (Blattspurstränge) bei kletternden Sapindaceen, *Calycanthus floridus* und *C. praecox*, einigen Bignoniaceen u. a.

Schacht[1]) erklärt die Knollen in der Rinde der Pappel, Linde, Buche usw. für verkümmerte Zweige, die nicht in die Länge, wohl aber im Umfang gewachsen sind. Während Hartig die erste Anlage der Knollen in ruhenden Knospen nachweist, betont Ratzeburg[2]) als Entstehungsherd derselben Buchenknollen bestimmt die Rinde und sagt ausdrücklich, daß sie nicht bis auf den Holzkörper reichen. Ebenso erklärt Roßmäßler[3]) bei den von ihm untersuchten Knollen der Eberesche (*Sorbus aucuparia*), daß diese nur in der Rinde sitzen und nicht mit dem Holzkörper zusammenhängen; dagegen beschreibt Kotschy[4]) wiederum 10—15 cm große Rindenknollen an den alten Stämmen der Libanonzeder als knorrige, fest in der Rinde sitzende Holzauswüchse, welche mit dem Mutterstamm durch wenige Gefäßbündel verbunden sind. Auch Masters[5]) vermutet, daß ein Teil der Knollen (gnaurs or burrs) bei Ulmen usw. sowie bei manchen Apfelvarietäten Haufen von Adventivknospen sind.

Die Lösung der Widersprüche bringt eine Arbeit von Krick[6]), welcher feststellt, daß die Rindenknollen (Sphaeroplasten) der Rotbuche sich sowohl im Anschluß an Präventivknospen (Proventivknospen) entwickeln, die sich von der Holzachse des Stammes trennen oder sich selbständig in der Rinde entwickeln. Im letzteren Falle besitzen die Knollen im Zentrum einen Holz-, Kork- oder Bastkern, aber niemals echtes Mark.

Ein Beispiel einer Kropfmaserbildung, deren Holzkörper nach Entfernung der auffallend dicken Rinde die spießigen Fortsätze abgestorbener Knospenkegel zeigt, gibt die Abbildung (Abb. 90) eines Stammstückes von *Acer campestre*; bei *a* finden wir die Flächenansicht, bei *b* den Querschnitt der spießigen Holzkegel, deren Markparenchym durch die dunkleren Innenkreise angedeutet ist.

Ähnliche Bildungen treten bei sehr verschiedenen Baumgattungen auf, besonders häufig an Linden, dann auch oft an Eichen, Birken[7]) usw., und zwar sowohl an beliebigen Stellen der oberirdischen Achse als auch, obwohl viel seltener, bei Wurzelknospen; solche mit hexenbesenartiger Verzweigung wurden z. B. bei *Prunus padus* (Sorauer) und bei *Rhamnus cathartica* (Graebner) beobachtet. Besonders bevorzugt sind diejenigen Stellen, an denen Äste abgeschnitten worden sind. Hier beginnen dann die am Astgrunde gehäuften Proventiv- und Adventivknospen sich in kleinen

---

[1]) Schacht, Der Baum, 1853, S. 134.

[2]) Ratzeburg, Die Standortsgewächse und Unkräuter Deutschlands und der Schweiz. Berlin 1859, S. 243, Anmerk. I.

[3]) Roßmäßler, Versuch einer anatomischen Charakteristik des Holzkörpers der deutschen Waldbäume. Tharandt. Jahrb. IV (1847), S. 208.

[4]) Kotschy, Reise in den cilicischen Taurus. Gotha 1858, S. 267.

[5]) Masters, Vegetable Teratology 1869, S. 347.

[6]) Krick, Fr., Über die Rindenknollen der Rotbuche. Bibliotheca botanica 1891, Heft 25; vgl. Bot. Zeit. 1892, S. 401.

[7]) Vgl. auch Cieslar, Adolf, Über beulenartige Verdickungen an Schäften und Ästen von Eichen in Kroatien. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, Wien 1915, S. 308f. — Von manchen Beobachtern wurde auch angenommen, daß das Holz der an der Wisa-Krankheit erkrankten Birken (Wisaholz) durch Knospenwucherungen entstanden sei. T. J. Hintikka (Die „Wisa"-Krankheit der Birken in Finnland, Zeitschr. für Pflanzenkrankheiten, XXXII [1922] S. 194—209) nimmt jedoch an, daß dieses technisch so wertvolle Holz durch eine „gummosis-artige Krankheit" entsteht (vgl. unten enzymatische Störungen).

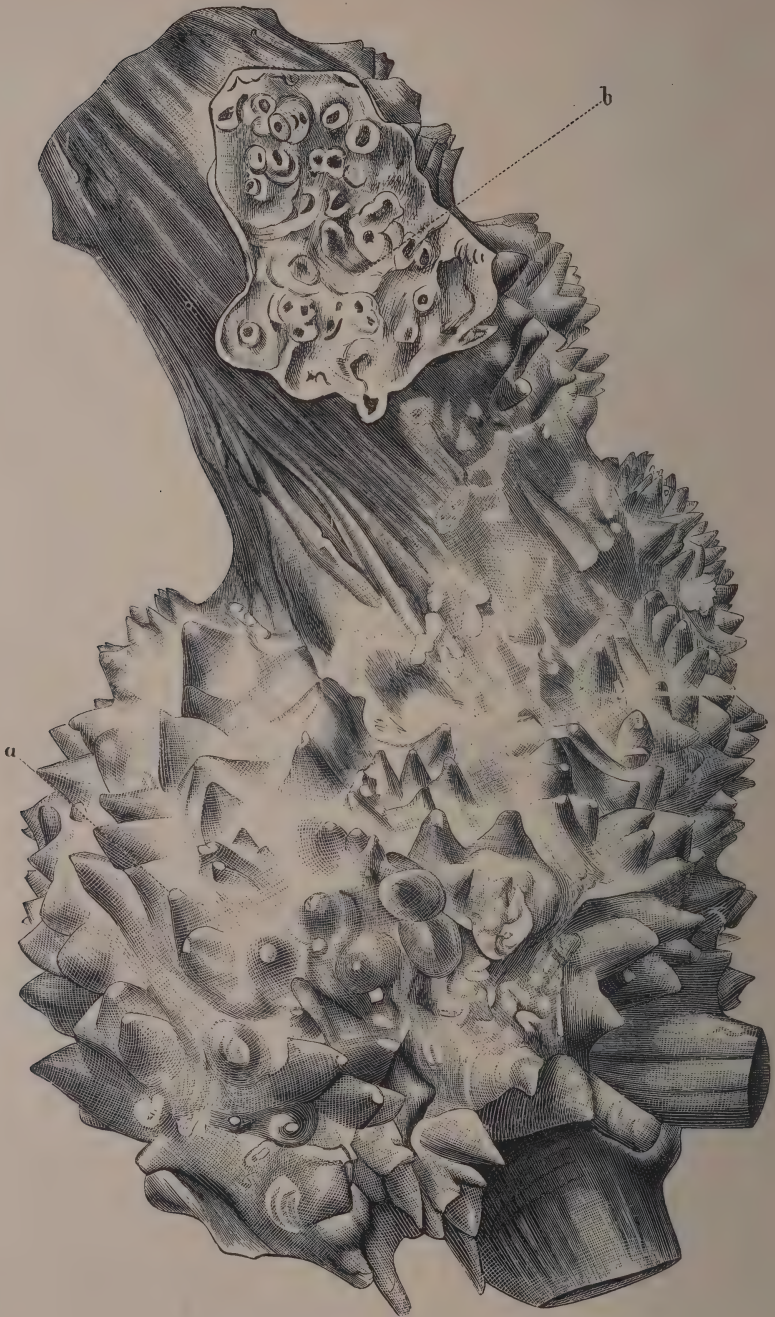


Abb. 90. Entrindete Kropfmaser von Ahorn.

Häufchen zu entwickeln. Die aus dem Cambium des Mutterstammes hervorgehenden Holzelemente nehmen durch die vielfachen Hindernisse, welche diese durchbrechenden Knospenkegel bieten, einen um dieselben

herum sich schlängelnden Verlauf. Dadurch muß eine Verlangsamung in der Ableitung des plastischen Materials nach der Stammbasis stattfinden. Jede Stauung des plastischen Materials verursacht aber bekanntlich an der betreffenden Stelle eine Steigerung der cambialen Produktion, also eine Verdickung des Holzkörpers, die bei Andauer der Ursache sich alljährlich verstärken muß; der Kropf wird immer dicker, bis er schließlich wagerecht oder gar spitzwinklig vom Stamme absteht. Ist er sehr groß geworden, so bildet sich schließlich an seiner Unterseite eine Art Stausack für das plastische Material, welches nicht mehr abströmen kann, und die Folge ist öfter eine sackartige Verlängerung an der Unterseite. Da die Zahl



Abb. 91. Maserbildung an Zweigen von *Pirus* (*Malus*) *Sinensis*. (Nach Kissa.)

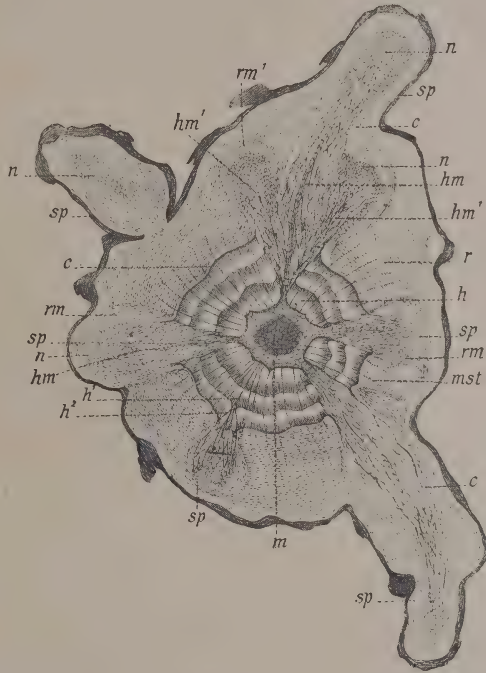


Abb. 92. Querschnitt durch ein Maserpolster. Man sieht, daß die Zentralpartie der einzelnen Maserspieße aus einer Markstrahlerweiterung der Zweigachse hervorgeht. (Nach Kissa.)

und Lage der Knospen resp. der Höcker sich alljährlich verschiebt, nimmt der Saft auch immer wechselnde Bahnen; die Folge ist der Verlust der Spaltbarkeit des Holzes (vgl. unten bei Überwallungsränder im Kapitel Wunden). Da aber die Masergeschwulst meist einseitig an der Achse auftritt, so daß die gegenüberliegende Seite frei und der normalen Ernährung dauernd zugänglich bleibt, so leidet die Ökonomie des Baumes wenig.

Nicht immer jedoch ist eine normale Zweiganlage als der Ausgangspunkt von Kropfmaserbildungen vorauszusetzen. Es gibt auch Fälle, bei denen die Maserspieße aus Markstrahlwucherungen hervorgehen. Einen solchen Fall behandelt eine Arbeit von Kissa[1]) über Maserbildung

[1]) Kissa, N. W., Kropfmaserbildung bei Pirus Malus sinensis. Zeitschr. für Pflanzenkrankh. X (1900), S. 129.

bei *Pirus* (*Malus*) *Sinensis*. Abb. 91 zeigt einen Zweig mit Maserpolstern, die vorzugsweise aus der parenchymreichen Basis kleiner Fruchttriebe hervorgesproßt sind. In Geisenheim beobachtete Julie Jäger eine Kropfmaserbildung am Apfelbaum (Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1908). Auch hier zeigte sich eine Erweiterung der Markstrahlen. Einzelne Markstrahlen zeigten schon bei ihrer Anlage eine größere Zellvermehrung und Erweiterung der einzelnen Zellen.

Im Querschnitt erkannte man, daß die kegelförmigen Spieße Holzzylinder darstellen, deren Zentralkörper aus verbreiterten Markstrahlen hervorgegangen sind. Derartige Markstrahlen (Abb. 92) sind entweder primäre oder entspringen erst aus einem späteren Jahresringe. Der Holzmantel des Spießes besteht aus der Fortsetzung des Holzringes des Mutterzweiges. Wie bei einer normalen Seitenachse ist der Maserpieß mit einer eigenen Rinde umgeben und weist auch einen gut ausgebildeten Cambiummantel auf. Ebenso wie ein normaler Zweig verästelt sich der Maserspieß (Abb. 92 *hm'*) und verlängert sich durch Spitzenwachstum; aber keine dieser Achsen zeigt jemals die Anlage von Blättern oder Knospen.

Die Differenzierung der Gewebe des Maserspießes erfolgt schon in den ersten Entwicklungsstadien innerhalb der Rinde des Mutterzweiges, der zunächst nur etwas angeschwollen erscheint. Diese Anschwellung wird dadurch hervorgebracht, daß die Rinde durch eine Anzahl besonders stark entwickelter, mit meristematischer Kappe versehener Markstrahlen aufgetrieben wird. Durch das weitere Spitzenwachstum dieser Neubildungen wird die Rinde des Mutterzweiges schließlich durchbrochen. Nun tritt der Maserspieß, mit eigener Rinde bekleidet, als selbständiges Gebilde hervor. Aber das Längenwachstum desselben findet seinen baldigen Abschluß, da die Rindenkappe und die darunter liegende Meristemschicht vertrocknen. Statt des Spitzenwachstums tritt nun eine basale Seitensprossung bei den einzelnen Maserspießen im Innern der Rinde des Mutterzweiges ein.

In Abb. 92, dem Querschnitt eines mit Masern bedeckten Zweiges, sehen wir, daß die den Markkörper des Maserspießes bildenden Markstrahlen meist primäre sind, also vom Markkörper des Mutterzweiges ausgehen. *sp* bedeutet Maserspieß, *m* Mark, *h* Holzteil, *r* Rinde, *c* Cambium, *mst* Markstrahlen des Mutterzweiges, *hm* Holzmantel, *rm* Rindenmantel des Maserspießes, *n* Meristemkappe des Maserspießes, *hm'*, *rm'* Holz- und Rindenteil der Seitensprossungen des Maserkegels, *h'* zweiter, *h''* dritter Jahresring.

Abb. 93 ist der stark vergrößerte Längsschnitt durch einen Maserspieß, der noch innerhalb der Rinde des Mutterzweiges sich befindet. *Ph* ist Phellogen, *k* Korkschicht, *Pc* collenchymatisch verdickte Zellen. *Pr* Parenchym der Primärrinde des Mutterzweiges, welches sich in seinen inneren Lagen mit Stärke zu füllen beginnt, *St* Stärke, *Abp* abgestorbene Lage von Parenchymzellen der primären Zweigrinde, *M* meristematische Spitze des Maserspießes, *A* Zellen des Holzmantels des Maserkegels mit ihren Poren (*Por*), *c* Cambium, *B* Eigenrinde des Maserspießes.

Also der Kegelmantel *Abp* aus schraffierten Zellen bildet die Grenze zwischen der Maserspießanlage und der Mutterrinde des Zweiges. Erstere gibt sich deutlich als Achsenzylinder zu erkennen, indem ein Holzmantel *A* bekleidet ist mit eigenem Rindengewebe *B*, wobei zwischen beiden sich die Cambiumzone *c* kenntlich macht. Der Holzzylinder zeigt sich

vorzugsweise aus stark porösem Parenchymholz zusammengesetzt (*Por*). Das Rindengewebe ist reichlich mit Stärke angefüllt. Der junge Maserspieß verlängert sich durch Spitzenwachstum mittels seiner Meristemkappe und preßt allmählich die angrenzenden Zellen der Mutterrinde zu einer gelblichen verquollenen Schicht (*Abp*) zusammen. Oberhalb dieser abgestorbenen Zellage ist die Mutterrinde noch ganz gesund; erst wenn der Maserkegel durchbricht, wird sie abgetötet.

Solche aus der Stammrinde hervorbrechende Holzknollen werden vielfach als „Kugeltriebe“ bezeichnet; man beobachtet sie besonders bei Eiche, Rotbuche[1]) (ein mit zahlreichen solchen bis kopfgroßen Knollen

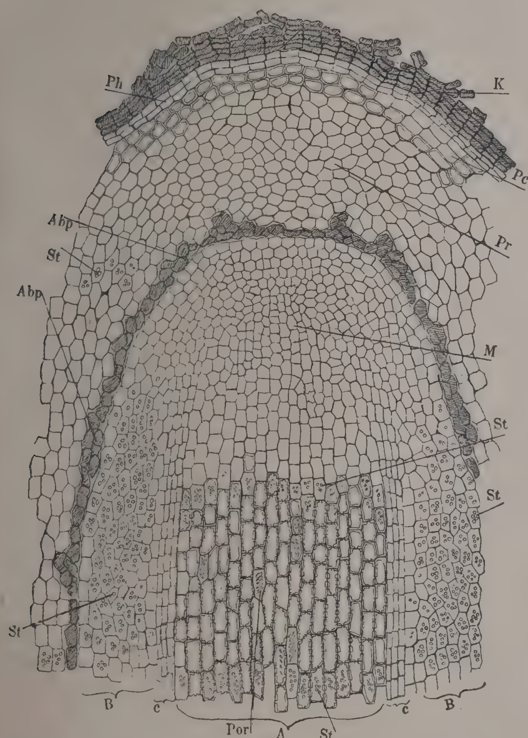


Abb. 93. Längsschnitt durch einen Maserspieß. (Nach Kissa.)



Abb. 94. Perlartige Maserbildung bei der Schwarzen Johannisbeere. (Orig. Sorauer.)

besetztes Exemplar steht z. B. im Park von Charlottenhof bei Sanssouci-Potsdam) und Ölbäumen. Neuerdings[2]) wurden sie auch von *Castanea* und Apfel beschrieben, und zwar bis zu Kinderfaustgröße.

Wenn wir im vorhergehenden der Struktur des fertigen Maserkegels besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben, so wenden wir uns jetzt ergänzend zu den Vorgängen der Markstrahlerweiterung, welche die Maser-

[1]) Krick, Über die Rindenknollen der Rotbuche. Bibl. Bot. XXV (1891). Vgl. Küster, E., Patholog. Pflanzenanatomie S. 183, 184, Fig. 72.

[2]) Groß, L., Kugeltriebe an Edelkastanie und Apfelbaum. Mitt. Bayr. Bot. Ges. München III. (1920), S. 520f.

kegelbildung einleitet. Ein solcher Fall ist von Sorauer bei *Ribes nigrum*[1]) studiert worden.

Abb. 94*h* zeigt die gehäuften, perligen, bis 1 mm hohen Maserbildungen neben- und zum Teil übereinander. Im Querschnitt Abb. 95 bemerkt man, wie der Holzring des Zweiges in fächerartiger oder fiederiger Verästelung



Abb. 96. Querschnitt durch die Rinde der Schwarzen Johannisbeere; linke Seite gesund, rechte Seite mit zunehmender Wucherung der Markstrahlen. (Orig. Sorauer.)

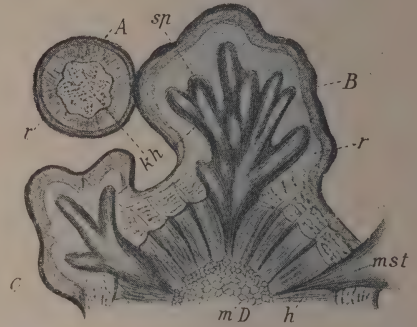


Abb. 95. Querschnitt durch einen mit Masern bedeckten Zweigteil. (Orig. Sorauer.)

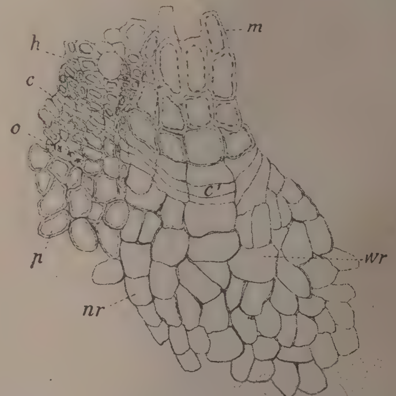


Abb. 97. Markstrahl in den Anfangsstadien der Maserbildung. (Orig. Sorauer.)

in den Maserkörper ausstrahlt, der hier nicht, wie bei *Pirus* (*Malus*) *Sinensis* kegelförmig, sondern kugelig-warzenförmig erscheint.

Abb. 95 stellt in *B* die Längsansicht, in *A* den Querschnitt einer Maserwarze dar. *D* ist die normale Zweigachse mit ihrem Markkörper *m* und Holzringe *h*, der nun durch wuchernde Markstrahlen *mst* geklüftet erscheint. Diese Markstrahlen bilden den Ausgangspunkt für die sich fächerartig verzweigenden Maserbildungen (*sp*), die bei weiterer Ausbildung einen zentralen Holzkörper (*kh*) und deutlichen Rindenmantel (*r*) erkennen lassen.

[1]) Sorauer, P., Krebs an Ribes nigrum. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. I (1891), S. 77.

Der Querschnitt durch den Zweig an einer solchen warzigen Stelle läßt erkennen (Abb. 96), daß die Warze eine kegelförmige Wucherung (*k*) der inneren Rinde darstellt, welche die äußeren Rindenschichten gesprengt hat und von ihnen noch lippenartig (*l*) gedeckt wird. Die Ränder der, Lippen sind abgestorben; in der Vertiefung ist meist Myzel kenntlichr das auch auf die äußeren, gebräunten und im Absterben begriffenen oden bereits toten Zellen des primären Maserkegels (*p*) übergeht. Verfolgt mag das Wuchergewebe, das nach seiner Basis hin einen aus schmalen, netzarti-verdickten Gefäßzellen bestehenden, in den normalen Holzring über gehenden Holzmantel besitzt, rückwärts, so bemerkt man, daß man eine einfache Markstrahlwucherung vor sich hat.

In Abb. 96, die eine am weitesten fortgeschrittene Markstrahlwucherung am Ende des ersten (Entstehungs-)Jahres eines Zweiges darstellt, zeigt die linke Seite noch den normalen Rindenbau; *ak* sind die verkorkten Reste der im Laufe des Entstehungsjahres bereits abblätternden, äußersten Rindenlagen mit einzelnen Kalkoxalatkristallen. Diese hängen stellenweise noch mit den gefärbten, unverletzten Korklamellen (*gk*) zusammen, welche als fester, gleichmäßiger Gürtel den Zweig umschließen. Unter der Korkschicht liegen die collenchymatisch verdickten Rindenschichten (*co*), und diese grenzen an das Chlorophyll führende Parenchym (*chl*), das sich durch tangentiale Kalkoxalatbinden (o, o^1, o^2) in Zonen geteilt darstellt. An diesen Kristallbinden zeigt auch die normale Rinde des gesunden Zweiges nicht selten tangentiale Lücken, welche dadurch entstehen, daß die dünnwandig bleibenden Zellen, welche die kleinen Drusen von Kalkoxalat führen, sehr leicht zerreißen, so daß die Kristalle zum Teil freiliegend an den Rändern der Lücke auftreten.

Im Herbst des ersten Jahres sieht man die Phloëmstrahlen bis an die erste Oxalatbinde (*o*) reichen. In diesen Strahlen wölbt sich, wie dies bei unseren Holzgewächsen die Regel ist, die Cambiumzone (*c*) nach außen und sinkt über dem Holzkörper (*h*) wieder bogenförmig zurück. Daraus läßt sich erkennen, daß der Markstrahl als Schwellkörper für die radiale Ausdehnung der Achse funktioniert, sowie der Markzylinder selbst die longitudinale Streckung unterhält.

Der normale Markstrahl (*m*) behält innerhalb der Rinde seine im Holzkörper zuletzt erlangte Zellenzahl durchschnittlich bei, und seine Verbreiterung in der Rinde beruht dann nur auf der größeren Ausdehnung der einzelnen Zellen. In der Nähe der Wucherung dagegen findet man nicht selten schon Markstrahlen, deren Zellen an Zahl gewachsen sind (m^1), aber im wesentlichen noch ihre radiale normale Längsstreckung bewahrt haben. Im Wucherstrahl endlich tritt eine außerordentliche Zellvermehrung ein, und die Cambiumzone wölbt sich steil nach außen.

Man sieht dies am besten in den verhältnismäßig seltenen Fällen, in denen Markstrahlen einseitig mit der Wuchergewebebildung anfangen, wie dies in Abb. 97 dargestellt ist. In dieser Abb. 97 deutet *m* die Markstrahlzellen innerhalb des Holzkörpers an, *c* ist die Cambiumzone, die an der rechten Seite ansteigt, linkerseits über dem Holz *h* zurücksinkt; *nr* ist die normale Seite des Rindenstrahls, der an das derbwandige Rindenparenchym *p* anstößt und sich in Kalilauge durch die gelbere Färbung deutlich von der Umgebung abhebt. In *o* sind die sehr zartwandigen, kleinen Zellreihen mit oxalsaurem Kalk angedeutet; schon hier, in der Nähe der Cambiumzone, lassen die Wandungen dieser Zellen eine eigen-

tümliche körnige Beschaffenheit als Zeichen ihres baldigen Zerfalls erkennen. Auch in der normalen Rinde findet sich ein solcher körnig-schleimiger Zerfall dieser Zellbinden und das Heraustreten der Kalkdrusen an die Ränder der entstehenden Lücken. In der wuchernden Seite (*w r*) des Rindenstrahls, dessen Zellen nach Behandlung mit Kalilauge noch dunkler gelb als die auf der normalen Seite werden und nicht selten eine deutlich knötchenartige Aufquellung der Wandung zeigen, richtet sich die Cambiumzone steil auswärts, *c'*, und deutet schon an, daß sie kappenartig im fertigen Wuchergewebe sich vorwölbt.

Dieses kegelförmige Aufsteigen der Cambiumzone ist in Abb. 95 *w c* ersichtlich. Hier erkennt man, daß sie sich zu einer Spitzenregion hinzieht, die aber nicht am äußersten Gipfel des Wuchergewebes liegt, sondern immer gedeckt vom Rindengewebe bleibt; dasselbe stirbt von außen nach innen fortschreitend ab, bis auch die meristematische Spitze des Wucherkegels erreicht ist.

Die Meristemzone des Maserkegels beginnt im nächsten Jahre sowohl in der Spitzenregion als auch im basalen Teile Sprossungen zu bilden. Glücklich geführte Schnitte, welche einen Markstrahl in seinem ganzen Verlaufe bloßlegen, zeigen, daß die Bildung der sekundären Achsen wiederum in derselben Weise erfolgt, wie der primäre Maserkegel entstanden ist, nämlich durch Wucherung des in der Rinde verlaufenden Markstrahlteils.

Verfolgt man von einer bereits deutlich als Maseranlage kenntlichen Stelle aus den Bau der Internodien nach immer jüngeren Teilen des Zweiges hin, so sieht man schon in dem noch ganz schwach angelegten Holzringe der Achse, welche die zur diesjährigen Verlängerung des Zweiges bestimmte Terminalknospe trägt, eine Ungleichmäßigkeit im Markstrahlbau. An der Basis der diesjährigen Knospen, in denen der jugendliche Holzzylinder erst die Spiralgefäße der Markkrone und einige Libriformfasern nebst vereinzelten netzförmigen oder porösen Gefäßen besitzt, bemerkt man hier und da einen Markstrahl, der durch die etwas größere Weite der Zellen, etwas stärkere Lichtbrechung seiner Zellwände, seinen ausgeprägteren, geraden Verlauf und seine tiefere Fortsetzung in die Rinde hinein von den anderen Strahlen abweicht. Dabei ist bemerkenswert, daß die am weitesten in die Rinde hineinragende Endzelle des Phloëmstrahls nicht, wie bei den anderen, schmäler als die vorhergehenden, sondern breiter, und zwar am breitesten von allen den Strahl zusammensetzenden Zellen ist. Während also die gewöhnlichen Markstrahlen deutlich kegelförmig endigen, hat dieser seine breiteste Seite nach der Peripherie gerichtet. Es ist dieselbe Wachstumstendenz, die sich bei den älteren, bereits als ausgesprochene Wucherstrahlen auftretenden Stadien kenntlich macht. Eine solche Differenzierung im letzten Zweigstadium zeigt, wie diese Art der Kropfmaserbildung meist schon in den ersten Jugendphasen der Achse vorbereitet ist.

Ganz der Bildung der Kopfmaser aus Markstrahlwucherungen entspricht die Anlage von Wurzeln unter Lenticellen, die Klebahn[1]) beobachtete und wie sie Graebner zahlreich an Wurzelstecklingen von *Sophora flavescens* sah.

---

[1]) Klebahn, Über Wurzelanlagen unter Lenticellen bei Herminiera Elaphroxylon u. Solanum Dulcamara (1 Taf.). Flora LXXIV (1891), S. 126 t. IV.

Kropfmaserartige Gebilde fanden sich bei Stachelbeeren[1]), warzenartige, den beschriebenen bei *Ribes* ähnliche Masern bei *Cydonia vulgaris*[2]). Auch von Stachelbeersträuchern in der Nähe von Komposthaufen konnte Sorauer später Maserbildungen in ähnlicher Form wie bei der schwarzen Johannisbeere feststellen[3]). In einem Falle entwickelten sich bei der roten Kirschjohannisbeere aus einem kropfartigen Maserknoten lange beblätterte Triebe. die in den Blattachseln keine ausgebildeten Augen besaßen. An den Stellen, an denen die Markbrücke im Zweignodus sonst zur Knospe führt, war entweder gar keine Meristemlage zu finden, oder dieselbe blieb von einer Rindenkappe bedeckt und gestaltete sich zu einem kleinen Maserspieß.

Weiter sind hier die Untersuchungen von Gernet[4]) über die Knollenbildung bei *Sorbus aucuparia*[5]) zu erwähnen. Dieser Autor fand die toten Knollen so locker in der Rinde sitzend, daß man sie leicht mit den Fingernägeln herausheben konnte; hingegen saßen die lebenskräftigsten anscheinend fest im Splint. Dennoch erwiesen sie sich als ,,von diesem vollständig getrennte und schon durch das äußerlich rötliche, mit dem Bastteil übereinstimmende Kolorit ihres glatten unteren Endes als möglicherweise jenem angehörige Körper". Die meisten durchschnittenen Knollen zeigten mehrere Mittelpunkte, um die sich vollständige, mit Gefäßen und Markstrahlen versehene, in ihrer Zellenstruktur mit dem Stammholz übereinstimmende Holzlagen in 13—15 Jahresschichten angesetzt haben. Der Verlauf der Holzlagen war maserig. Fast immer waren die Jahresringe in der dem Stamm zugewandten unteren Hälfte der Knollen breiter als in der oberen, aus dem Stamme hervorstehenden. Ein Zusammenhang mit einer Knospe ließ sich nicht nachweisen; selbst da, wo eine Knolle dicht neben einer Kropfmaser saß, ließ sich kein Zusammenhang mit einem der zahlreichen Knospenkegel der letzteren erkennen.

Leider hatte Gernet keine Gelegenheit, die ersten Anfänge der Knollenentwicklung zu studieren; die jüngsten Stadien seines Materials waren Knöllchen von 0,5 mm, die noch vollkommen in der Rinde eingesenkt waren, ohne äußerlich irgendeine Auftreibung veranlaßt zu haben. Sie lagen außerhalb der Hartbastzone, waren kugelig oder ellipsoidisch und zeigten ebenfalls bereits mehrere Kerne, um die sich der Holzkörper gelagert hatte; derselbe bestand aus parenchymatisch gestalteten Zellen, in denen auf dem Längsschnitt eine Differenzierung von Markstrahlzellen kenntlich wurde. Einige mit größerem Lumen versehene, aber noch mit fast horizontalen, undurchbrochenen Wänden aufeinander sitzende, stärkeärmere oder auch stärkelose Zellen dürften die ersten Andeutungen von Gefäßen darstellen. Je weiter vom Zentrum die sämtlichen Zellen entfernt waren, desto deutlicher wurde eine Verringerung ihrer radialen und eine Vermehrung ihrer tangentialen Ausdehnung bemerkbar; ihr Querschnitt nähert sich also dem des Herbstholzes. Bei älteren Knöllchen fanden sich zuerst einzelne getüpfelte Gefäße und ein deutlich kenntlicher, zentraler, parenchymatischer, stärkereicher Kern scharf unterschieden. Der Holzkörper war rings umgeben von einer Cambiumzone und einer eigenen Rinde.

---

[1]) Jahresbericht des Sonderausschusses für Pflanzenschutz. Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1898, S. 145. — [2]) Ebendort 1899, S. 188. — [3]) Ebendort 1900, S. 213.

[4]) Gernet, C. v., Über die Rindenknollen von *Sorbus aucuparia*. Moskau 1860.

[5]) Hilbert erwähnt (Schriften Phys.-ök. Ges. Königsb. LVIII, 1918, S. 115) diese Art mit Stammwülsten von Königsberg: Friedländer Tor.

In der oberen Hälfte der Knollen stellte sich bisweilen in der Innenrinde Korkbildung ein. Diese neu entstehende Korkzone vereinigt sich nicht selten auf der Außenseite mit der Korkzone des Stammes. Die durch solche Korkzone (Korkdamm Gernets) abgeschnittene Rindenpartie verliert ihr Stärkemehl, wird lufthaltig und stirbt allmählich ab, so daß der Knollenkörper an seiner Außenseite totes Gewebe erhält. Das Auftreten dieser Korklagen leitet auch in der Regel den nach einigen Jahren erfolgenden Tod der Knolle ein. Die untere Hälfte derartig erkrankter sowie die der vollkommen gesundbleibenden Knollen behalten ihr lebensfähiges Rindengewebe, in welchem die Ausbildung des Bastkörpers mit der des Holzkörpers fortschreitet. Daraus ist zu schließen, daß die Knolle nach unten fortwächst, wodurch ihr oberer Teil allmählich über die Oberfläche der Stammrinde hervorkommt, indem er dieselbe durchbricht.

Nach diesem Befunde kommt Gernet zu der Ansicht, daß, wenn ihm auch die Anfangsstadien der Knollen unbekannt geblieben, er doch bestimmt einen Zusammenhang derselben mit dem Holzkörper des Stammes in Abrede stellen muß und die Entstehung der Knollen weder von Proventiv- noch Adventivknospen herleiten kann.

Diesen Ausspruch bestätigt Sorauer nach seinen Untersuchungen an Knollen der Apfelbäume. Zur Untersuchung lagen Knollen von der Größe eines Hirsekorns bis zu der einer Erbse vor; dieselben stammten von der Stammbasis eines jungen, etwa 8jährigen Apfelbaumes. Die Knollen saßen in der Außenrinde und brachen leicht aus derselben heraus; sie waren oberseits entweder vollkommen glatt (Abb. 98, *1a*) berindet oder zeigten eine bräunliche, trockene, etwas vertiefte, rindenlose Gipfelpartie (*1k*), die von einem grünen, kreisförmigen Rindenwalle umgeben war.

Den zentralen Querschnitt einer Knolle letzterer Art stellt Abb. 98, *2* dar. In demselben gewahren wir einen mittelständigen, aus zwei, durch wenig Parenchym getrennten Hartbastbündeln bestehenden Kern (*2b*); andere Knollen haben nur ein Bastbündel im Kern oder zwei bis drei entferntere Kerne. Um das Bündel herum lagern sich Zellen parenchymatischer Gestalt mit schwach verholzten Wandungen und strahliger Lagerung; man sieht, daß sie unzweifelhaft nach Art der Korkzellen entstanden sind. Bisweilen findet man in der Mitte der Knollen nur eine Gruppe dickwandigen, stärkereichen oder auch stärkelosen, braunen Parenchyms ohne Hartbastzellen; doch ist dies der seltenere Fall. Endlich sieht man auch dann und wann Knollen mit einer zentralen, kleinen Höhlung, die mit braunen Zellresten angefüllt ist.

Die strahlig gelagerte, ringförmige Zone parenchymatischer, verholzter Zellen geht allmählich über in enge, derbwandigere, bereits etwas länger gestreckte, horizontal oder schräg verlaufende Holzparenchymzellen, zwischen denen kurze, weite, einfach getüpfelte Gefäßzellen eingestreut liegen (Abb. 98, *2g'*). Diese Gruppen sind bereits durch annähernd kubische, in ein bis drei Reihen gelagerte Markstrahlzellen in zahlreiche Bündelkreise geteilt. Hier schon beginnt die Erscheinung, welche sich in abwechselnden Zonen bis an die Peripherie des Holzkörpers hin fortsetzt, nämlich, daß die eine zwischen zwei Markstrahlen vorhandene Bündelpartie einen anderen Verlauf ihrer Elemente zeigt als die dicht danebenliegende. Während die Zellen und Gefäße des einen Bündels fast ganz quer durchschnitten erscheinen (*2h''*), zeigt die danebenliegende Partie die Fasern in ihrer Längsrichtung. Diese Erscheinung, welche auch bei stark eingeschnürten

und ihr Band überwachsenden Stämmen sich zeigt, läßt sich nur dadurch erklären, daß die einzelnen Cambiumpartien des um den Kern sich schalig herumwölbenden Holzkörpers gleichzeitig verschiedenem Drucke resp. Zuge ausgesetzt sind. Da der junge Knollenkörper keine genaue

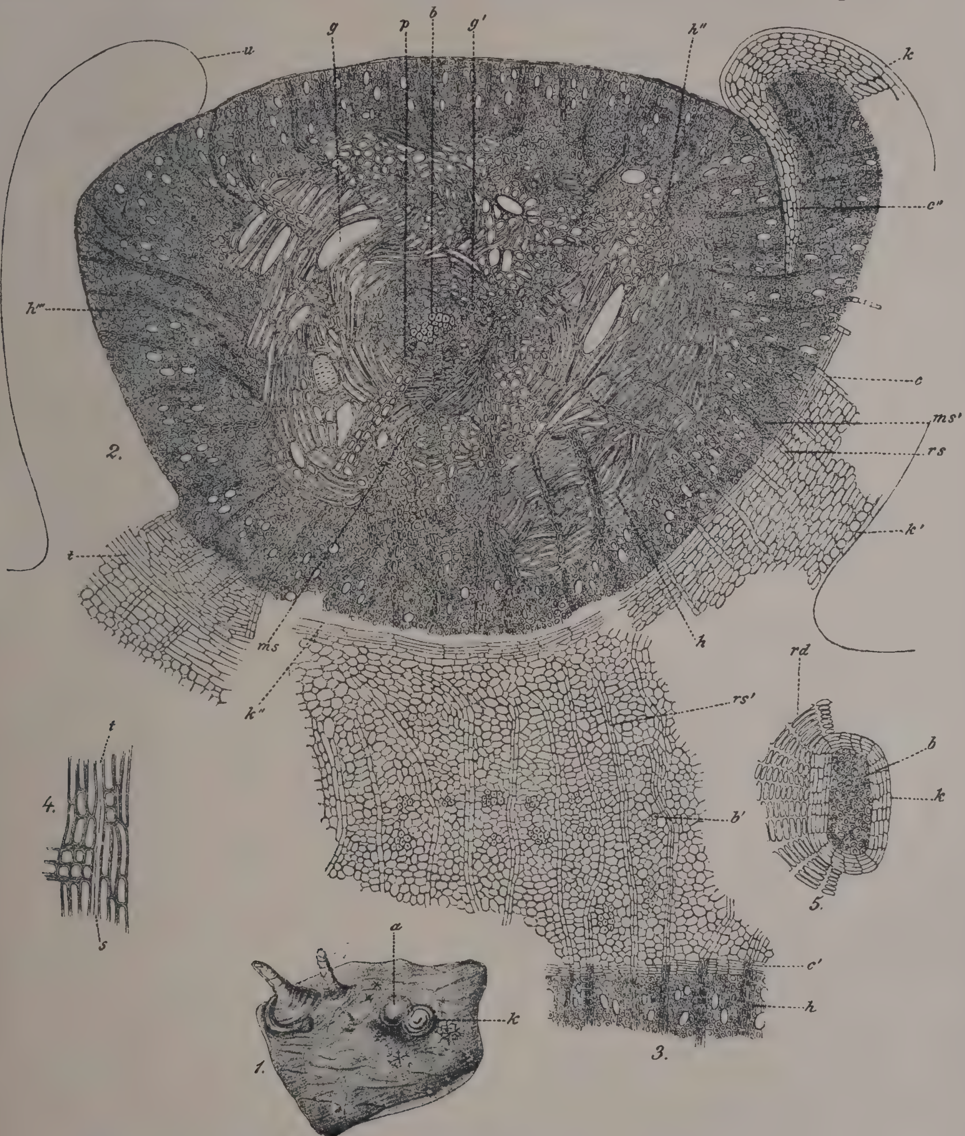


Abb. 98. Rindenknollen aus einem Apfelstamm. (Orig. Sorauer.)

Kugelgestalt besitzt, sondern nur annähernd kugelig ist, so strecken sich die Partien, welche die vorhandenen Kanten zu überwölben haben, in derselben Zeit stärker.

Je weiter man in dem Knollenkörper nach außen geht, um so enger und gestreckter und um so derbwandiger werden die Elemente, bis sie die

Länge und Gestalt und teilweise auch die Lagerung des normalen Holzkörpers annehmen.

So wie bei diesem erkennt man auch innerhalb der Knolle eine Differenzierung der Jahresringe in Frühlingsholz und Herbstholz, so daß man sieht: Die Knolle ist ein mit charakteristischen Eigenschaften der Art versehener, in der Rinde isolierter Holzkörper, dessen Elemente sich um einen oder mehrere gestreckte oder kurze Kernpartien nach allen Richtungen herumwölben.

Die rings um den Holzkörper sich hinziehende Cambiumzone (*2c*) produziert alljährlich auch eine neue Rinde (*2 r s*) und leitet bei Verletzungen dieselbe Wundheilung wie an einem normalen Stammkörper ein. Eine solche Verletzung ist auch bei Abb. 98, *2* eingetreten, indem durch irgendeine äußere Einwirkung Rinde und Splint der Gipfelpartie der Knolle entfernt worden sind; infolgedessen hat sich ein normaler, vollkommen berindeter Überwallungsrand (*2 u*) gebildet, der den äußerlich kenntlichen Ringwall um den Gipfel bildet (Abb. 98, *1k*).

Der zuerst auffallende Umstand, daß im Zentrum eines Holzkörpers sich Hartbastelemente vorfinden, führt zu dem Schlusse, daß die Umgebung der Hartbastbündel die Stätte ist, von der die Bildung des Holzkörpers begonnen hat. Noch mehr bestärkt wird dieser Schluß durch die Erscheinungen in der Umgebung der Knollen. Dort finden sich sehr häufig jüngere, ja bisweilen jüngste, unlängst aus der Cambiumzone herausgetretene Bastbündel, von eigentümlichen, strahlig angeordneten Zellen umgeben (Abb. 98, *5*). In einzelnen Fällen färben sich diese tafelförmigen Zellen der „Bastumwallung" durch Jod und Schwefelsäure blau, in den meisten Fällen gelb. Man sieht daraus, daß in der Tat die Umgebung der Hartbastbündel leicht geneigt zu einer Zellvermehrung ist.

Die Bastumwallungen aus Korkgewebe sind aber keineswegs auf die Umgebung der Maserknollen beschränkt; sie finden sich überall bei allen bisher untersuchten Bäumen an einzelnen Stellen nach manchen Verletzungen. Hierbei haben aber die Zellen in der Tat stets den Charakter der Korkzellen und dienen vorzugsweise dazu, ein erkranktes Bastbündel von dem gesunden Gewebe abzugrenzen. Wer viel mit kranken Hölzern gearbeitet hat, weiß, wie empfindlich die scheinbar so resistent gebauten Bastzellen sind. An ihnen läßt sich durch die braune Färbung und das deutlichere Hervortreten ihrer Schichtung häufig die Erkrankung tiefer in das gesunde Gewebe hinein verfolgen als an dem Rindenparenchym der Umgebung.

Die Bastumwallung beginnt in der Regel in den Zellen der Bastscheide, bleibt bisweilen halbseitig oder ist wenigstens an der Außenseite stärker entwickelt. Ähnliche Erscheinungen, wie die Umwallung der Bastbündel, finden sich auch bei einzelnen Parenchympartien, welche ohne einen bisher erkannten Grund den Kern für eine ringförmig um dieselbe sich bildende Meristemzone in der Rinde abgeben und damit ebenfalls die Entstehung der Rindenknollen einleiten. Derartige Knollen sind meist etwas regelmäßiger gebaut, indem der Verlauf der Gewebeelemente für mehrere Jahresringe dieselbe Richtung beibehält. Man findet dann im zentralen Längsschnitt, der sich durch das Verbleiben der Markstrahlen in annähernd derselben Ebene kenntlich macht, die ringförmig gebogenen Gefäßröhren ihrer ganzen Länge nach vom Schnitt getroffen, so daß diese als helle konzentrische Ringpartien die dunklen, parallellaufenden Holzzellzonen unterbrechen.

Einen interessanten Beitrag und Schlüssel zur Knollenbildung liefern die Zeichnungen (Abb. 99) aus der Rinde eines gesunden, einjährigen Birnenzweiges. Wir sehen in Abb. 99, *1* den Basalteil eines sehr kräftigen, einjährigen Birnentriebes, dessen Knospen *a* nicht in der normalen Zweifünftelstellung angelegt sind; *b* ist die mitten im Internodium befindliche einseitige Anschwellung, die in Abb. 99, *5* an der tiefsten, der Zweigbasis zugewandten Stelle, in Abb. 99, *3* in der mittleren Region und in Abb. 99, *4* in der höchsten Zone quer durchschnitten dargestellt ist. In den Abb. 99, *3*, *4*, *5* bedeuten dieselben Buchstaben auch dieselben Teile; *r* Rinde des Zweiges, g^1, g^2 usw. sind die Rindengefäßbündel in den verschiedenen Entwicklungsstadien; es zeigt sich, daß diejenigen, welche zuerst angelegt sind, auch zuerst nach ihrem Eintritt in die Achse kleiner werden. *m* der Markkörper, *m b* die Markbrücke eines zentralen Blattspurstranges, dessen Begleitbündel sich ungleichmäßig entwickelt haben, *m st* Markstrahlen, *h b* Hartbastbündel, welche den zentralen Kern der in der Rinde gebildeten Holzstränge ausmachen. Abb. 99, *4r t* ist die durch Druck getötete Rinde, welche durch die in die Achse des Zweiges eintretenden Holzstränge in den Stamm hineingepreßt worden ist. Abb. 99, $3g^8$ zeigt einen Holzstrang mit den ersten Anfängen der Umwallung; man sieht dieselbe auf der Außenseite bereits stärker entwickelt. Abb. 99, $3g'$ ist ein Holzstrang, welcher noch nicht völlig zum Holzzylinder geschlossen ist; seine Bildung erfolgte in der Weise, daß auf der Außenseite des Hartbastbündels in der Bastscheide die Zellvermehrung begann, welche die Ausbildung von Gefäßelementen und Holzzellen zur Folge hatte. Dieser einseitig entstandene Holzkörper schließt sich durch allmähliche Verschmelzung der beiden gegeneinander wachsenden, nach innen gewendeten Ränder. Abb. 99, $5c'$ die Cambiumzone eines bereits auf der Innenseite geschlossenen, an der Verschmelzungsstelle aber noch nierenförmig eingedrückten Holzstranges. Abb. 99, *2* stellt einen Teil von Abb. 99, $3g'$ vergrößert dar.

Man erkennt in Abb. 99, *2* eine vollkommene Übereinstimmung mit dem Zentrum der Knollenmaser vom Apfel. *h b* Hartbastkörper, *p* Holzparenchym, *g* Gefäßzellen, x kurze, quergeschnittene, *x'* in der Horizontalrichtung verlaufende Holzzellen der nach innen gewendeten Wölbung des Holzstranges an der Stelle, wo die beiden Ränder sich vereinigt haben. *m* die wie Fangarme verlaufenden Markstrahlreihen, *c* die rings den Strang umgebende Cambiumzone, *r* jüngstes Rindenparenchym der speziellen Strangrinde.

Die Holzstränge (Abb. 99, *5*) entstanden also an der Basis der Anschwellung durch außergewöhnlich reiche Ernährung der Bastscheiden; ihr Anfang liegt in ungleicher Höhe. Bei ihrer Vergrößerung pressen sie zunächst (Abb. 99, *3*) das sie voneinander trennende Gewebe der Rinde zusammen und endlich auch das vor ihnen liegende, sie bisher vom Achsenzylinder trennende Gewebe, das als braune Masse im Innern des Holzkörpers (Abb. 99, *4rt*) wiedergefunden wird. Bei dem Eintritt in den Achsenzylinder ändert sich die Form der Rindenholzstränge; ihr Kern ist exzentrisch geworden und endlich an die Spitze des keilförmigen Stranges gerückt, wie Abb. 99, $4g^1$, g^2 und g^3 zeigen. Es ist also genau die umgekehrte Formveränderung von derjenigen, welche ein normales, aus dem Achsenzylinder in die Rinde tretendes Gefäßbündel erleidet.

Weiter aufwärts war der Zweig normal[1]).

[1]) Über die Ähnlichkeit dieser Bildung sekundärer Holzkörper mit der bei den Sapindaceen vgl. Sorauer, Die Knollenmaser der Kernobstbäume. Landwirtsch. f. Versuchsstat. 1878.

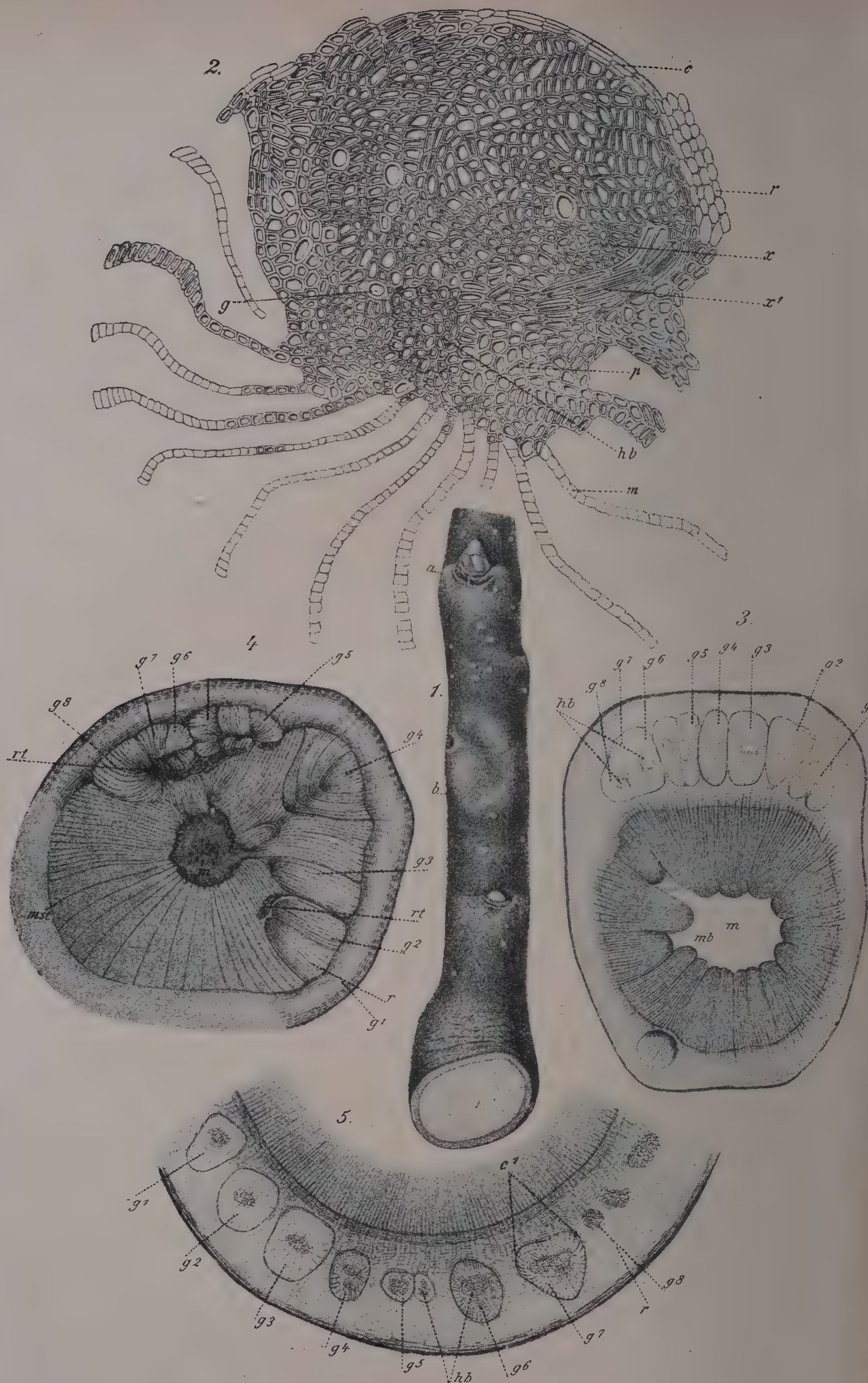


Abb. 99. Entstehung isolierter Holzkörper in der Rinde eines einjähr. Birnenzweiges. (Orig. Sorauer.

Das Vorkommen rindenbürtiger Holzstränge legt somit die Entwicklung der Knollenmaser in folgender Weise klar. Die fertige Maser ist eine im Rindenkörper isolierte Holzkugel, deren Oberfläche von einem Cambium- und Rindenmantel gebildet ist, welcher seine Nahrung aus dem umgebenden Rindengewebe empfängt. Nach den noch zu wiederholenden Untersuchungen der oben genannten Forscher können diese Maserknollen oder Knollenmasern aus einer ruhenden Knospe sich entwickeln und daher ursprünglich im Zusammenhange mit dem Holzkörper des Zweiges stehen. In vielen Fällen entstehen sie aber auch als schalenförmige Holzumlagerungen um ein Hartbastbündel oder eine andere Rindengewebegruppe ohne Zusammenhang mit dem Holzzylinder oder einer Knospenanlage. Die Knolle wird allmählich durch Hinausrücken in die äußeren, der Borkenbildung verfallenden Rindenregionen abgestoßen; die der Knollenbildung verwandten, aber longitudinal gestreckten Holzstränge der Rinde können in den Achsenkörper hineinrücken und zum Bestandteil des normalen Holzzylinders eines Zweiges werden. Äußere Wunden an dem Knollenkörper heilen durch Überwallung wie bei dem normalen Zweige, und es liegt kein Grund vor, zu bezweifeln, daß aus dem Überwallungsrande sowie aus der normalen Knollenrinde sich Adventivaugen entwickeln können, wie dies bei den Ölbäumen angegeben wird.

Die Formen der Kropfmaserbildung, bei der normale Augenanlagen nicht beteiligt sind, zeigen z. T. die Wichtigkeit des Markstrahlgewebes in einer Richtung, die früher nicht die geringste Beachtung gefunden hat. Hinweise finden wir allerdings bei Frank[1]), der auch die früheren Beobachtungen über Maserbildungen bespricht; aber es handelt sich hier vorzugsweise um die Erklärung des wimmerigen Verlaufes der Holzfaser bei gemasertem Holze. Wir legen das Hauptgewicht auf die Ursachen, die eine Verbreiterung der Markstrahlen bedingen. Die letztgeschilderte Kropfmaserform ist nur das Extrem einer Neigung zur Markstrahlwucherung, welche uns zu gewissen Krebsgeschwülsten hinüberführt. Bei diesen handelt es sich aber um Vorgänge, die durch Wunden veranlaßt sind, während wir hier keine äußeren Eingriffe auffinden können, sondern auf innere Störungen im Gleichgewicht der Wachstumsvorgänge hingewiesen werden.

Wir haben es mit lokalen, durch den Ernährungsmodus eingeleiteten Steigerungen der Druck- und Turgorverhältnisse zu tun, und in dieser Beziehung geben uns die Untersuchungen von Kny[2]) einen erwünschten Hinweis. Derselbe fand bei Einwirkung mechanischen Druckes, daß in den Markstrahlmeristemzellen die Teilungswände eine andere Richtung annehmen und zweireihige Markstrahlen zustande kommen. Was hier ein mechanischer, von außen zugeführter Druck tut, muß nach unserer Auffassung auch der gegenseitige durch Turgorsteigerung zustande kommende Druck der Gewebe aufeinander veranlassen können. Da aber der Turgor — genügende Wasserzufuhr vorausgesetzt — von der Beschaffenheit des Zellinhalts, von seinem Reichtum an wasseranziehenden Verbindungen abhängt, so wird jede gesteigerte Zufuhr an plastischem Material eine Turgorsteigerung und Verschiebung der bisherigen Druckverhältnisse der einzelnen Gewebeformen zueinander veranlassen.

---

[1]) Frank, A. B., Die Krankheiten der Pflanzen. 2. Aufl., I., S. 82.

[2]) Kny, S., Über den Einfluß von Druck und Zug usw. Pringsheims Jahrb. wiss. Bot. XXXVII (1901), S. 55.

Solche vermehrte Zufuhr von plastischem Material stellt sich ein, wenn in der normalen Ökonomie des Pflanzenteils eine Störung durch Entfernung von Verbrauchsherden stattfindet. Bei den Kropfmaserbildungen handelt es sich vorzugsweise um das Abschneiden von Zweigen, was bei dem Ausputzen der Stämme und den mannigfachen Arten des Kulturschnittes zur Notwendigkeit wird. Beredte Beispiele dafür finden wir bei unseren Linden, Pappeln, Ahorn usw. in den Alleen in den immer mehr sich vergrößernden Augenkolonien an denjenigen Stellen der Stämme, an denen ehemals Zweige fortgeschnitten worden waren. Stehen solche Maserkolonien an besonders bevorzugten, für die Assimilationsarbeit hervorragend geeigneten Stellen, dann erlangen einzelne Schossen aus diesen Polstern ein Übergewicht.

Soweit man aus der Beschreibung ersehen kann, dürften auch die merkwürdigen „Zylindermasern" (chichi, nipple) an *Ginkgo biloba* zu den Kropfmasern zu rechnen sein. Nach Kenjiro Fujii[1]) zeigen sich diese chichi oder Zitzen als zylindrische oder kugelförmige Auswüchse, welche in der Regel von älteren Zweigen aus senkrecht nach unten wachsen. Ihre Größe wechselt von der Länge eines Fingers bis zu 2 m bei 30 cm Dicke. Sie gleichen auch normalen Zweigen, denen die Blätter fehlen. Am Boden angelangt, schlagen sie Wurzeln, und dann vermögen sie auch Blätter zu entwickeln. Auch an den Wurzeln sollen ähnliche Bildungen auftreten.

Eigenartige Kropfbildungen zeigen sich an den sogenannten „Zitzenfichten", wie sie sich besonders im Gebirge finden. Am bereits astlosen Stamm stehen schräg abwärts gerichtet, öfter in großer Zahl und oft einem erschlafften Busen ähnlich die Auswüchse. Diese kommen dadurch zustande, daß durch die alljährliche Schneelast die Seitenzweige abwärts gezogen wurden, so daß sie an ihrer Ansatzstelle abwärts gebogen waren. Durch den absteigenden Saftstrom, der z. T. auf die schräg abwärts gebogene Astbasis überströmt, wird dort eine Knollenverdickung eingeleitet, die nach Absterben des meist noch etwas hervorragenden Astes schließlich zu der charakteristischen Zitzenform führt.

Als ähnliche abnorme Überwallungen beschreibt Tine Tammes[2]) eigenartige zapfenförmige, meist einseitig sich lappenartig ausbreitende Fortsätze an *Fagus silvatica*. Die Untersuchung ergab, daß es sich um Zweigstümpfe handelt, die mit maserigen, hypertrophierten Wundrändern geschlossen waren. Die Hypertrophie war dadurch veranlaßt worden, daß die Bäume sehr stark beschnitten worden waren, und deshalb ein Überschuß an plastischem Material an den übriggebliebenen Wachstumsherden sich eingestellt hatte.

Ein Beispiel von Rindenknollen an krautartigen Pflanzen liefert Peters durch seine Beobachtungen an *Helianthus annuus* und *Polygonum cuspidatum*. Die in der Mittelrinde entstehenden Knollen sind als Reaktion der Pflanzen auf Wundreiz anzusehen. Es starben einzelne Zellgruppen in der Rinde ab und vertrockneten. Der dadurch entstehende Hohlraum umkleidet sich mit einer cambialen Zone, die nach innen Holz, nach außen Rindengewebe bildet.

---

[1]) Kenjiro Fujii, On the nature and origin of socalled „chichi" (nipple) of Gingko biloba. Bot. Magazine IX, Nr. 105.

[2]) Tine Tammes, Über eigentümlich gebildete Maserbildungen an Zweigen von *Fagus silvatica* L. Recueil des travaux bot. Neerl. Nr. 1. Groningen 1904.

Zu erwähnen ist noch, daß die großen, kugeligen Anschwellungen (Holzrosen), welche bei Überwallung der Ansatzstellen von *Loranthus Europaeus* auf Eichenästen entstehen, auch als Maserknollen oder -kröpfe angesprochen werden. Es sind nach unserer Einteilung keine eigentlichen „Masern", sondern maserige Überwallungsränder.

Beispiele für die Knollenbildung an Wurzeln erwähnt bereits Th. Hartig[1]), bei Besprechung des Umstandes, daß junge Zitterpappeln in großer Menge an abgetriebenen Beständen auftreten, wo seit langer Zeit keine samentragenden Bäume gestanden haben. Diese kleinen Pflänzchen verdanken, wie Th. Hartig erklärt, ihr Dasein der fortdauernden Vegetation der Wurzeln längst abgestorbener und oberirdisch verschwundener Aspen-Mutterbäume.

Die Basis der Wurzelbrut ist in diesen Fällen stets eine knollenförmige holzige Verdickung eines schwachen Wurzelstranges. Die Knollen selbst sind etwas Ähnliches wie die Knollen am maserigen Fuße alter Eichen oder Linden und wie die Knollen an der Rinde der Rotbuche; sie sind der holzige Stamm eines schlafenden Auges, der, vollständig individualisiert, ein parasitisches Leben auf der Wurzel der Mutterpflanze lebt „gleich dem schlafenden Auge an den amerikanischen *Pinus*-Arten". Durch diese Knollen werden die Aspenwurzeln am Leben erhalten, ohne daß das ernährende Wurzelstück selbst fortwüchse. In der Regel zeigt sich das knollentragende Wurzelaststück schon wenige Zentimeter von der Ansatzstelle der Knolle abgestorben und in Fäulnis begriffen. Maserknollen an Wurzeln von *Ailantus glandulosa* beschreibt Andreae[2]); sie entstehen aus Wurzel- und Sproßanlagen; einen ganzen Bestand solcher Wurzelsprosse aus zwei abgeschlagenen Bäumen beobachteten Ascherson und Graebner bei Falkenberg a. O. Äußerst lästig werden neben Pappeln auch *Alnus incana* u. a. Erlen, *Pterocarya* (Sanssouci-Charlottenhof), einige *Elaeagnus*, *Hippophaes* (Pfeifenköpfe usw.).

Auch an Bäumen, die keine Wurzelbrut zeigen, finden sich nicht selten große Knollen, die wohl in ähnlicher Weise entstehen wie die des Stammes, namentlich an Nadelhölzern, besonders *Chamaecyparis*, kann man sie öfter beobachten[3]). Die oft großen Wurzelknollen der Erle, durch *Schinzia alni* verursacht, sind wohlbekannt. Sie werden oft industriell verarbeitet.

Im Anschluß hieran mag einer Erscheinung Erwähnung geschehen, die als Wurzelkropf der Rüben[4]) vielfach beschrieben aber noch nicht genügend aufgeklärt ist. Es zeigt sich, meist in trockenen Böden, in der Nähe des Rübenkopfes oder etwas weiter abwärts eine kugelige, mit borkiger Oberfläche versehene Geschwulst, die im Bau dem Rübenkörper ähnlich, ihrer Zusammensetzung nach aber durch größeren Wasser-, Asche- und Proteingehalt von ihm abweicht. Der Gefäßbündelkörper beweist, daß die Geschwulst als die Ausbuchtung eines Gefäßringes der Mutterrübe, also als eine Sprossung desselben anzusehen ist, die bei Stickstoffüberschuß

---

[1]) a. a. O. S. 429.

[2]) Andreae, Über abnorme Wurzelanschwellungen bei *Ailanthus glandulosa*. Inauguraldissertation. Erlangen 1894.

[3]) v. Treuenfels (Maserknollen an einer *Chamaecyparis*-Wurzel. Mitt. Dt. Dendrol. Ges. 1919, S. 319) beschreibt eine solche bis 1,5 dm stark an 1 cm dicker Wurzel bei *Ch. Lawsoniana*, bei welcher Art wir derartige Bildungen mehrfach beobachteten.

[4]) Briem, H., Strohmer und Stift, Die Wurzelkropfbildung bei der Zuckerrübe. Österr.-Ungar. Z. f. Zuckerindustrie 1892, Heft 2.

wahrscheinlich durch eine Verwundung[1]) eingeleitet wird. Die Geschwulst ist nicht parasitär, wird aber wegen ihres lockeren Rindenbaues und des Gehalts an Invertzucker leicht von tierischen und pflanzlichen Feinden heimgesucht.

c. Verbildung von Blütenständen, Blüten und Früchten.

Beim Kapitel über den Wasser- und Nährstoffmangel ist namentlich bei der Besprechung des Blütendranges vielfach betont worden, wie durch Zurückdrängung des vegetativen Zuwachses, der vegetativen Vermehrung usw. die Anlage von Blüten gefördert wurde. Auf der anderen Seite ist es eine jedem Züchter bekannte Tatsache, daß starker vegetativer Zuwachs die Erzeugung von Blütenanlagen hindert oder hemmt[2]); solange ein Obstbaum in üppiger Zweigbildung sich befindet, blüht er nicht oder wenig, und schon lange fruchttragende Bäume können durch treibenden Dünger bekanntlich wieder zur Umwandlung blütenbringender Kurztriebe in Langzweige veranlaßt werden. So kommen durch (öfter nur für den Züchter) unzeitgemäße Zufuhr größerer Wasser- und Nährstoffmengen häufige Störungen der Blüten- oder Fruchterzeugung vor, von denen hier einige der wichtigsten besonders besprochen werden mögen.

Das Abröhren der Weinblüten.

Unter „Abröhren" oder „Durchfallen" verstehen die Weinbauern ein Abfallen der Früchte bald nach der Blütezeit. In einzelnen Gegenden ist die Erscheinung eine jährlich wiederkehrende, während sie an anderen Lokalitäten sich nur in einzelnen Jahren zeigt, wie z. B. in solchen, in denen die Traubenblüte durch naßkalte Witterung gestört wird. Nach den Untersuchungen von Müller-Thurgau[3]) zeigten sich bei niedriger Temperatur zur Blütezeit schon vor dem Abheben der Blütenhülle die Zellen der Narbe in beginnender Bräunung, was auf ein Absterben oder wenigstens eine starke Behinderung des Befruchtungsvorganges hindeutete. Tatsächlich wuchsen die Pollenkörner auf solchen Narben gar nicht oder nur mangelhaft zu Pollenschläuchen aus. Das Abwerfen der Blumenblattkappe ging sehr langsam vor sich oder unterblieb gänzlich. Die Fruchtknoten solcher Blüten blieben zwar noch einige Zeit, manchmal sogar lange stehen, aber vergrößerten sich kaum. Da nun aber nach Müllers Erfahrungen das Ringeln der Reben größtenteils hilft, so ist wohl meist nicht die niedrige Temperatur der direkte Grund, daß sich der Befruchtungsakt und die Ausbildung des Samens gar nicht vollziehen können. Das trübe, kühle Wetter während der Blüte ist besonders günstig für das Wachstum der beblätterten Triebe, welche daher das für die Ausbildung des Blütenstandes vorrätige Material für sich beanspruchen werden, so daß ein Nährstoffmangel für die Blüten eintritt. Ein solches Verhungern der Blütentraube und demzufolge ein mehr oder weniger starkes Abröhren der Blüten tritt auch bei günstiger Blütenwitterung ein, wenn reiche Nahrstoffmengen im Boden sind oder wenn ein überhaupt jungfräulicher Boden mit reichem Nährstoffvorrat und Wassergehalt zur Wein-

---

[1]) Geschwind, Le goitre de la betterave. La sucrerie indigène. Vgl. Centralbl. f. Bakt. II, 1905, S. 486.

[2]) Vgl. auch Molisch, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl. 1920.

[3]) Müller-Thurgau, Über das Abfallen der Rebenblüten und die Entstehung kernloser Traubenbeeren. Der Weinbau, 1883, Nr. 22.

kultur verwendet wird, wobei die üppige Entwicklung vegetativer Organe die Weiterbildung des Sexualapparates einschränkt.

Tatsächlich liefert Müller Beispiele für diese Fälle und teilt gleichzeitig Erfahrungen mit, daß bald ein Auslassen der Düngung, bald ein langer Schnitt der Reben dem Übel abgeholfen haben. Auch Pantanelli[1]) beschreibt das Ablösen von Weinblüten durch Stickstoffüberschuß.

Denselben Ursachen schreibt Müller auch das Auftreten kernloser Beeren an der Traube zu, welches in der Regel mit einem teilweisen Abröhren Hand in Hand geht. Die kernlosen Beeren sind größer als die unbefruchtet gebliebenen, die bisweilen auch bis in den Herbst hinein an der Traube verbleiben; erstere sind aber nicht so groß, wie die kernhaltigen, normalen Beeren, obwohl sie wie diese sich färben und süß werden. Ja, es stellt sich heraus, daß sie früher reifen und süßer werden wie die Beeren mit ausgebildeten Samenkernen. Manche Sorten, wie z. B. ,,Früher Leipziger", zeigen die Erscheinung äußerst leicht, fast jährlich.

Daß der Same als Stoffanziehungszentrum bei seiner Ausbildung funktioniert, beweisen die Wägungen kernloser und kernhaltiger Beeren. Müller-Thurgau[2]) fand das Gewicht des Fruchtfleisches von 100 Beeren bei Riesling:

kernlos	einkernig	zweikernig	normal vierkernig
25,0 g	58,2 g	77,2 g	112 g

Als Beispiele für die Unterschiede in der stofflichen Entwicklung mag hier ein Untersuchungsergebnis von Müller-Th. bei Riesling angeführt werden.

Es hatten am 25. September 1000 Beeren:

kernlose	ein Gewicht von	208,9 g,	und Zucker	10,63 %,	Säure	18,2 ‰
kernhaltige	,, ,, ,,	846,0 g,	,, ,,	9,77 %,	,,	24,2 ‰

am 12. Oktober:

kernlose	ein Gewicht von	231,0 g,	und Zucker	14,7 %,	Säure	11,0 ‰
kernhaltige	,, ,, ,,	898,7 g,	,, ,,	12,3 %,	,,	15,7 ‰

Betreffs des Einflusses des Ringelns lehrte ein Versuch, daß die nicht geringelten Reben nur unbefruchtete Beeren besaßen, welche bald abfielen, während diejenigen Tragreben, welche kurz vor der Blüte geringelt waren, verhältnismäßig lange Trauben mit einer übermäßig großen Zahl kernloser Früchte lieferten, zwischen denen nur vereinzelt normale Beeren sich befanden.

Diese Bildung kernloser Beeren ist für unsere Verhältnisse eine große Schädigung, da die vorzeitig reifen Beeren bis zur allgemeinen Weinlese oft schrumpfen und abfallen oder faulen, also keine Verwendung finden. Wenn dagegen diese Ausartung allgemein wird, läßt sich dieselbe als ein Vorteil bezeichnen. Wahrscheinlich sind unsere Korinthen und Sultanrosinen, bei denen auch Beeren mit Kernen vereinzelt vorkommen, die Produkte solcher Stöcke, an welchen die Kernlosigkeit der Beeren zur Regel geworden ist. Steckholz von Korinthen soll in anderen Gegenden kernhaltige Beeren liefern.

---

[1]) Pantanelli, P., Las cascola dei fiori nel Frappalo. Rendiconti Acc. Lincei XVIII, (1909), S. 406ff.

[2]) Müller-Thurgau, Einfluß der Kerne auf die Ausbildung des Fruchtfleisches bei Traubenbeeren und Kernobst. II. Jahresbericht d. Versuchsstat. Wädensweil. Zürich 1893, S. 52.

Einen sehr beachtenswerten Rat erteilt Eger[1]), der vielfach Studien über die Individualität bei den einzelnen Weinsorten gemacht hat. Er fand, daß einzelne Stöcke derselben Sorte die Trauben stets früher zur Reife bringen und manche unter sonst gleichen Bedingungen eine geringere Neigung zum Durchfallen der Blüten zeigen, was namentlich bei Riesling sehr in Betracht kommt. Demgemäß muß man in jeder Schule und jedem Weinberg die einzelnen, alljährlich durch günstige Entwicklung hervorragend bleibenden Individuen bezeichnen und nur von diesen das Steckholz zur Vermehrung wählen.

Andere Vorgänge zeigen sich bei unseren Steinobstgehölzen während der Treiberei. Wenn das Holz zu viel ausgedünnt wird, d. h. zu viel Laubzweige weggeschnitten werden, um den Blüten und jungen Früchten Licht zu schaffen, dann können Knospen, Blüten und junge Früchte abgestoßen werden. Durch die plötzliche Verminderung der verdunsteten Blattfläche stellt sich ein erhöhter Wurzeldruck für die anderen Organe ein, die die vergrößerte Wassermenge nicht aufnehmen können. Es lockert sich infolgedessen die Trennungsschicht. Das Abwerfen wird natürlich auch durch andere Ursachen eingeleitet werden können[2]).

Gabelwuchs der Reben.

An einzelnen Lokalitäten läßt sich bemerken, daß verschiedene Rebsorten die Neigung zu übermäßiger Verästelung annehmen und bei vegetativer Vermehrung behalten. Die Art der Verästelung erscheint in Form von Gabelung der Reben, und solche gabelsüchtigen Stöcke sind meist wenig oder gar nicht fruchtbar, wie Rathay[3]), der die eingehendsten Beobachtungen darüber veröffentlichte, in Nieder-Österreich vielfach gefunden hat. Die dortigen Winzer, welche diese zweigsüchtigen Rebstöcke als „Gabler“ oder „Zwiewipfler“ bezeichnen, geben an, daß die Gabelbildung in sehr verschiedenen Lagen sich einstellen kann. Die Stöcke, die meist in größerer Anzahl nebeneinander anfangen, diese abnorme Wachstumsrichtung zu zeigen, entwickeln zuerst einzelne gabelige Verzweigungen und stellen auf diese Weise „unechte Gabler“ vor, wie sie in üppigen Weinbergen allenthalben anzutreffen sein dürften. Dieses Anfangsstadium der Krankheit ist nicht gefährlich, da häufig die Stöcke wieder zur normalen Produktion zurückkehren. Die Gefahr tritt erst durch die Ausbreitung der Zweigsucht über den ganzen Stock und die damit Hand in Hand gehende Dauer der Erscheinung auf. Die Dauer dokumentiert sich bei Stecklingen und Absenkern gabelsüchtiger Reben. D'Oliveira[4]) beobachtete sogar Übertragung von Verbänderung und Gabelung auf das Edelreis, als er eine bisher niemals gabelnde Sorte (Albino de Souza) auf die gabelnde (Gonçalo Pires) veredelt hatte.

Eine Ursache für die Dauer dieser Erscheinung ist bis jetzt nicht mit Sicherheit anzugeben. Rathay überzeugte sich, daß Parasiten nicht vorhanden sind; die Meinungen der Praktiker gehen weit auseinander.

---

[1]) Eger, E., Untersuchungen über die Methoden der Schädlingsbekämpfung und über neue Vorschläge zu Kulturmaßregeln für den Weinbau. Berlin. P. Parey. 1905, S. 63.

[2]) The Dropping of the Buds of Peaches. Gard. Chron. XIII, 1893, S. 574.

[3]) Emerich, Rathay, Über die in Nieder-Österreich als „Gabler“ oder „Zwiewipfler“ bekannten Reben. Klosterneuburg 1883.

[4]) d'Oliveira, J. D., Sur la transmission de la fasciation et de la dichotomie à la suite de la greffe de deux vignes Portugaises. Compt. rend. hebd. Acad. sc. Paris CLXX (1920), S. 615f.

Einzelne glauben, daß Bodenerschöpfung durch intensiven Weinbau die Ursache sei, während andere meinen, daß ein Anschwemmen von Erde durch heftige Regengüsse oder die Bearbeitung des Bodens während und kurz nach einem Regen einen verderblichen Einfluß ausüben. Unserer Meinung nach ist diese Krankheit eine Vergrünungserscheinung, also ein krankhaftes Überhandnehmen der vegetativen Wachstumsrichtung.

Für diese Auffassung sprechen neben zahlreichen Beobachtungen an *Parthenocissus* zunächst die Angaben von Kaserer[1]), daß die ersten Anzeichen der Krankheit in der Umwandlung der Deckschuppe an der Ranke zu einem kleinen Blatte, der höchste Grad in der Umbildung sämtlicher Ranken zu belaubten Sprossen sich kennzeichnet. Die Ranken und die morphologisch damit identischen Blütenstände beim Weinstock (Zwischenbildungen beider sind häufig) sind entwicklungsgeschichtlich endständig. In der Achsel des obersten Blattes unter der Ranke resp. dem Blütenstande steht der Fortsetzungslaubsproß, der seinerseits wieder in der Ranke oder dem Blütenstand endigt; dadurch, daß er die letzteren übergipfelt, drängt er sie zur Seite und wird scheinbar die direkte Fortsetzung. Eine Weinrebe ist also ein Sympodium, das bei den meisten unserer Arten (*Vitis vinifera*, *Parthenocissus*) immer aus zwei einblättrigen und einem zweiblättrigen Sproßstück und so fort zusammengesetzt ist. Bei starkem Überwiegen des vegetativen Zuwachses, bei Überernährung der Rebe, stellt der zur Ranke resp. zum Blütenstande bestimmte Sproßgipfel sein Wachstum nicht ein, sondern wächst als mehr oder weniger ausgeprägter Laubsproß weiter und kommt so neben den normalen achselständigen Fortsetzungssproß zu stehen, daher die scheinbare Gabelästigkeit, die sich vielfach bei Vermehrung durch Steckholz an der neuen Generation erhält. Krasser[2]) spricht von einer Erkrankung des Protoplasmas bestimmter Regionen als Ursache des „Krauterns“ (vgl. über diese sicher nicht einheitliche Krankheit auch unten bei Wärmemangel). Eine dem typischen Krautern (Roncet) der Reben ähnliche Krankheit wird neuerdings aus Tripolis von Felicioni[3]) beschrieben. Sie scheint aus Tunis eingeschleppt.

Wenn Krasser unter Berufung auf die Arbeiten von Kober und von Gaunersdorfer (1901) betont, es können bei dem „Krautern“, das eben nur ein Verlauben einzelner Knospen darstellt, keine Leitungsstörungen und kein Nährstoffmangel als Ursache angesehen werden, sondern es sei eine ganz lokale Erkrankung der Zellen einzelner Knospen vorhanden, so widerstreitet dies gar nicht unseren Anschauungen über Verlaubung. Es ist selbstverständlich, daß jede Organanlage unter bestimmten Ernährungsverhältnissen erfolgt. Daß dieselben beständig wechselnd und das Produkt der augenblicklichen Kombination sämtlicher Wachstumsfaktoren sind, haben wir schon in den einleitenden Kapiteln besonders hervorgehoben. Wir vermögen aber diese Kombinationen noch zu wenig festzustellen. Wir haben eben vorläufig nur einzelne Erfahrungen darüber, daß z. B. Kali- und Stickstoffüberschuß im Verhältnis zur Verarbeitung der anderen Nährstoffe die vegetative

[1]) Kaserer, H., Über die sogenannte Gablerkrankheit des Weinstocks. Mitteil. d. k. k. chemisch-physiol. Versuchsstation Klosterneuburg 1902, Heft 6.

[2]) Krasser, Fridolin, Über eine eigentümliche Erkrankung der Weinstöcke. II. Jahresbericht d. Ver. d. Vertreter d. angewandten Botanik. 1905, S. 73.

[3]) Felicioni, C., Das Krautern der Reben in Tripolis. L'Agricultura coloniale. Florenz. XV, S. 507f. mit 1 Taf. (1921).

Tätigkeit einseitig auf Kosten der sexuellen Periode steigern. Wasserüberschuß bei verhältnismäßig geringer Lichtzufuhr kann in ähnlicher Weise die Wachstumsrichtung beeinflussen usw. Wie derartige Gleichgewichtsstörungen für jede einzelne Organanlage zustande kommen, ob augenblickliche Hemmungen in der Nährstoffaufnahme oder -leitung die Veranlassung bilden, können wir nicht präzisieren.

Wir können daher eben nur ganz allgemein aussprechen, daß die Verlaubungen durch ein Übergewicht der die grünen Blätter hervorrufenden Wachstumsrichtung gegenüber dem die Sexualorgane begünstigenden Wachstumsmodus zustande kommen. Dafür spricht schon die Tatsache, daß man Gabler bei wildem Wein (*Parthenocissus quinquefolia*) nicht selten an überdüngten Stellen bei Komposthaufen, Dunghaufen usw. findet; bei Rückkehr normaler Vegetationsbedingungen hört das Gabeln an der betr. Pflanze auf. Die sogenannten „Wechsler“ oder unechten Gabler sind Stöcke, welche teilweise noch fruchtbar sind. Unter den Umständen, welche die Neigung zur Verlaubung begünstigen können, führt Kaserer eine ungünstige Lage an, in welcher Regenwasser aus höher gelegenen Grundstücken sich ansammelt. Gesunde Reben, in ein Gablernest gepflanzt, sollen schnell zu gabeln beginnen. Superphosphat scheint die Rückkehr zu Fruchtbarkeit zu vermitteln. Es scheint aber, als ob auch andere Störungen das Krautern veranlassen können; so berichtet Petri[1]) von Spätfrösten als Ursache.

Als empfehlenswertestes Mittel betrachten wir den Ersatz der kranken Stöcke durch gesunde von solchen Sorten, welche reichere Wasserzufuhr und schwerere Böden vertragen. Die sogenannten Gablernester wären durch Drainage und Sandzufuhr nebst Beigabe von phosphorsaurem Kalk zu verbessern.

Die Gelte des Hopfens.

Ein spezieller, für die Kultur bedeutungsvoller Vorgang der Verlaubung ist die Gelte, das Blindsein, die Lupel- oder Narrenkopfbildung des Hopfens. Die Namen bezeichnen nur verschiedene Grade einer Mißbildung, welche mit einer einfachen, abnormen Verlängerung des Hopfenkätzchens anfängt und sich bis zur Bildung flatteriger, dunkelgrüner Fruchtstände entwickelt, aus denen verschieden große Laubblätter in wechselnder Zahl hervorbrechen.

Die Hopfenzüchter wissen, daß in dem Maße, als das Kätzchen sich verlängert und die Schuppen sich vergrößern, auch die Qualität des Hopfens sinkt. Die für den technischen Gebrauch vorteilhafteste Ausbildung der Kätzchen ist an eine kurze, gedrungene Gestalt des ganzen Blütenstandes und an kurze, breite, papierartig dünne Beschaffenheit der Schuppen gebunden, wie sie in nebenstehender Abb. 100 Nr. *1* u. *2* dargestellt sind. Nr. *2* ist halb entblättert, um die kurzgeknickte Spindel des Kätzchens zu zeigen. In Nr. *3* und Nr. *4* ist die abnorme Überverlängerung der Kätzchen dargestellt, die unter der Bezeichnung „brausche Hopfen“ bei den Züchtern bekannt ist und als erstes Stadium einer beginnenden Verlaubung gelten muß. Solche brausche Hopfen sind grob, weniger gehaltreich, etwas später reifend und in den Schuppen krautiger. Von diesem Zustande ausgehend, steigern sich die Verlaubungserscheinungen bis zu dem Stadium,

[1]) Petri, L., Significato patologico dei cordoni endocellulari nelle viti affette da arricciamento. Rendiconti R. Accad. dei Lincei, XXI, 2° sem. S. 113—119. Roma 1912.

das in Nr. *5* vorgeführt ist. Die grünen, hier sichtbar gewordenen Laubblätter erlangen bisweilen die Größe eines normalen Blattes; *b* ist die

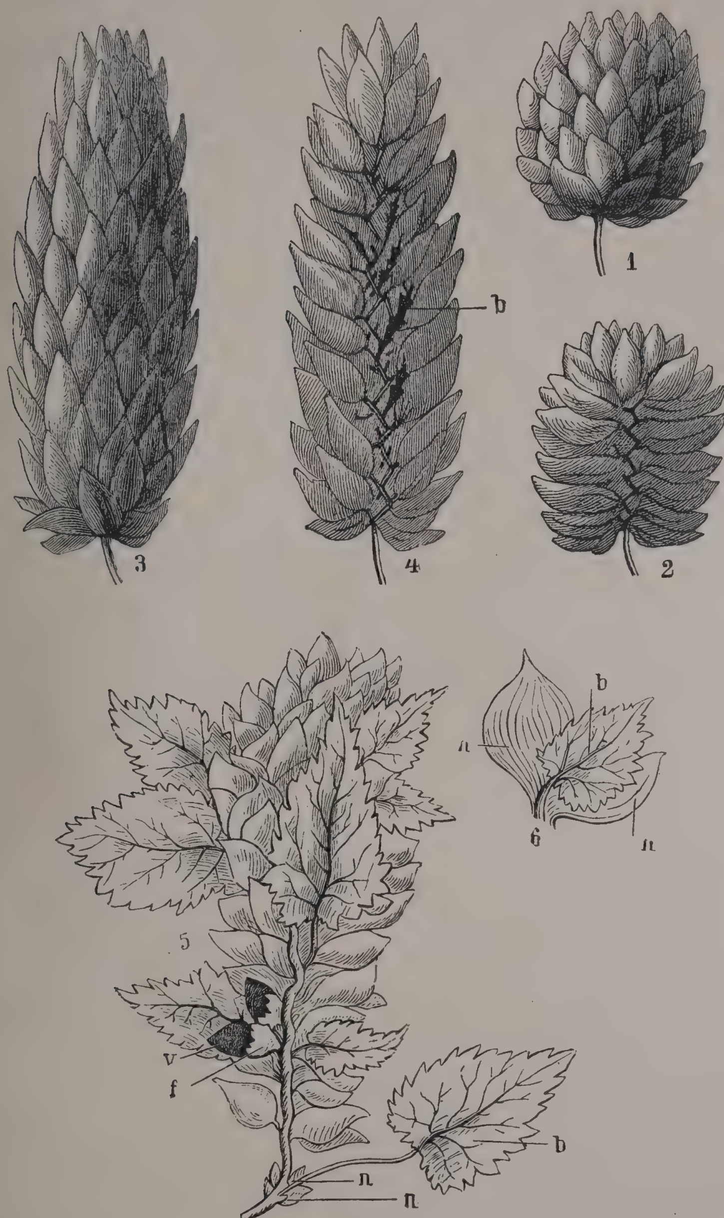


Abb. 100. Verschiedene Übergangsstadien der normalen Hopfenkätzchen in verlaubte.

Blattfläche, die sich rückwärts in den Blattstiel verfolgen läßt. Am Grunde dieses Blattstiels stehen die zwei grünen Nebenblätter *n*, *n*, welche im vorstehenden Basalteil des Kätzchens sehr klein sind, aber nach oben hin

an Größe zunehmen. Nr. *6* stammt aus einer höheren Region des Blütenstandes und zeigt die Nebenblätter *n n* von der Größe der übrigen Schuppen, dagegen den Blattkörper *b* schon viel kleiner. Die anderen Schuppen und Vorblätter sehen wir bei Nr. *5v*; sie umschließen je eine Blüte *f*.

Die Nebenblätter, welche in der Entwicklung dem übrigen Blattkörper vorauseilen und in dem normalen weiblichen Blütenstande des Hopfens allein entwickelt sind, besitzen dieselbe schuppenartige Beschaffenheit wie die Vorblätter, so daß das ganze Kätzchen aus gleichmäßig gebildeten Schuppen zusammengesetzt erscheint; alle Schuppen sind kurzlebig und werden bald trockenhäutig, wobei sie fest dachziegelartig aufeinander gelagert bleiben.

Die Gelte besteht also in der Ausbildung der sonst unterdrückten Blattfläche zwischen je zwei schuppenförmigen Nebenblättern. Eine vielseitige Erfahrung lehrt nun[1]), daß die feuchten Jahrgänge in stark (besonders mit stickstoffhaltigen Substanzen) gedüngten Böden es sind, welche das Auftreten der Gelte in größerer Ausdehnung bedingen. Häufige Sommerregen, welche trübe Tage im Gefolge haben, schädigen manchmal auch, ohne die Gelte gerade zu erzeugen. Es strecken sich dann die Zellen des Laubkörpers sowohl als der Achse, und selbst, wenn eine günstige Erntewitterung eintritt, reifen die Kätzchen nur oberflächlich ab; sie gelangen mit viel mehr Vegetationswasser in die Aufbewahrungsräume und bedingen dadurch ein sehr schnelles Erhitzen des ganzen Haufens. Infolgedessen tritt selbst bei den gut entwickelten Kätzchen ein schneller Verlust des eigentümlichen Glanzes und der lichtgrünen Färbung und damit eine wesentliche Entwertung des ganzen Ernteproduktes ein.

Als Mittel gegen die Gelte wird die Entfernung oder Lahmlegung der Ursachen zu versuchen sein, falls dieselben in Form von Wasser- oder Stickstoffüberschuß sich im Boden vorfinden. Ist Stickstoffüberschuß im Boden, so empfiehlt sich eine Nachdüngung mit Superphosphat.

Vergrünung[2]), Verlaubung, Durchwachsung von Blüten und Blütenköpfen[3]).

Bei den Blüten und Früchten wird die unzeitgemäße Zufuhr zu großer Mengen plastischen Materials, die zu Verbildungen führt, je nach der Zeit der Einwirkung verschiedenen Erfolg haben. Je jugendlicher die Blütenanlage noch ist, desto stärker kann die Umbildung zu vegetativen Organen, zu Blättern, einem Zweige usw. erfolgen, je weiter die Blüte schon fertig gebildet ist, desto mehr kann die Umbildung nur die oberen, jüngeren Teile treffen, deren jüngstes, der Vegetationskegel, schließlich noch wachstumsfähig sein kann, wenn die ganze Blüte schon fertig angelegt ist, so daß also ein Durchwachsen einer normalen Blüte erfolgen kann. Je nachdem nun die Blütenorgane sich in die voraufgehende Form der Blattorgane zurückbilden oder zur Annahme der ihnen normalerweise folgenden fortschreiten, unterscheidet man zwischen rück- und vorschreitender Metamorphose.

Die rückschreitende Metamorphose (Verlaubung). Wenn die Organe einer morphologisch höheren Entwicklungsstufe in eine niedrigere

[1]) Beobachtungen über die Kultur der Hopfenpflanze. Herausgegeben vom Deutschen Hopfenbauverein, Jahrg. 1879—82.

[2]) Über eine „Vergrünung als parallele Mutation" bei *Oenothera Lamarckiana* berichtet Theo J. Stomps Rec. trav. bot. néerl. XV, 1. (1918), S. 17—26 mit 1 Taf. u. 1 Fig.

[3]) Vgl. Masters, Veget. Terat. — Frank, A. B., Krankh. d. Pfl. 276ff. mit Abb.

umgewandelt erscheinen, sprechen wir von einer rückschreitenden Metamorphose. Pathologisch in Betracht kommt nur die Umwandlung der Blütenorgane insofern, als der Sexualapparat durch Veränderung in vegetative Organkreise seiner Bestimmung entzogen und dadurch eine Unfruchtbarkeit eingeleitet wird[1]).

Daß wir diese Fälle in die Gruppe der durch Wasser- und Nährstoffüberschuß veranlaßten Erscheinungen einreihen, beruht auf folgender Anschauung. Die Ausbildung des pflanzlichen Organismus hängt von zwei Faktoren ab: der Beschaffung des organischen Baumaterials und der Art der Verwendung desselben. Unter der Voraussetzung, daß die erste Arbeitsleistung des Organismus, die Assimilation, also die Bildung neuer organischer Substanz, in normaler Weise sich vollzieht, wird die Ausbildung des Pflanzenleibes davon abhängen, nach welcher Richtung hin dieses organische Baumaterial Verwendung findet. Dabei erkennen wir zwei Richtungen, die wir als die vegetative und sexuelle Periode auseinanderhalten. Letztere sehen wir meistenteils sich damit einleiten, daß der Organismus eine vielfach deutlich erkennbare Ruheperiode in der Produktion seiner vegetativen Apparate eintreten läßt. Neue Blätter werden zu dieser Zeit in der Regel nicht ausgebildet, und das Spitzenwachstum der Zweige ruht. Dafür tritt der Vorgang der Speicherung von Reservebaustoffen in den Vordergrund.

Diesen Speicherungsvorgang sehen wir eingeleitet und begünstigt durch ein Nachlassen in der Wasseraufnahme bei zunehmender Beleuchtung und Erwärmung. Wenn sich Reservestoffe z. B. in der Form von Stärke niederschlagen, gehört dazu eine erhöhte Konzentration des Zellsaftes. Kann eine solche durch irgendwelche Umstände nicht erzielt werden und bleiben die Baustoffe in einer gelösten Form, z. B. als Zucker, so bedarf es nur eines geringen Anstoßes, um die vegetative Tätigkeit wiederzuerwecken. Es herrscht somit ein gewisser Antagonismus zwischen diesen beiden Entwicklungsphasen, die wir als erblich gewordene Anpassungen an die Witterungsverhältnisse auffassen können. Nach einer kühleren, wasserreicheren Zeit, in welcher die Pflanze vorzugsweise die Mineralsubstanzen des Bodens aufnimmt und den Chlorophyllapparat in der Produktion von Blättern zur möglichst reichen Ausbildung gelangen läßt, folgt eine wärmere, trockenere, den größten Lichtreichtum aufweisende Periode, in welcher die Sexualorgane aus dem in den Blättern bereiteten, fertigen, plastischen Baumaterial angelegt und nach kurzer oder längerer Ruhezeit weiter entwickelt werden.

Je mehr die Blätter plastisches Baumaterial erarbeitet haben, desto zahlreicher und vollkommener werden die Sexualorgane innerhalb dieser Ruheperiode angelegt werden. Wie diese Anlagen sich später ausbilden, hängt von der Art ihrer weiteren Ernährung ab. Machen sich Einwirkungen geltend, welche zur Ausbildung vegetativer Organe nötigen, dann entwickeln sich Laubblätter, und zwar entweder aus neu angelegten Herden oder aus den bereits vorhandenen Anlagen der Sexualsphäre. Es tritt „Verlaubung" ein.

Durch die Erfahrungen bei unseren gärtnerischen Züchtungen wissen

[1]) Ortlepp, Karl, Wie wirkt die Ernährung der Tulpenzwiebel auf die Füllungserscheinung der Blüte. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVI (1906) S. 114—126. — Über die gefüllten Blüten vgl. auch Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl. 1920, S. 271ff.

wir, daß reiche Nährstoffzufuhr unter gleichzeitiger Steigerung von Wärme und Feuchtigkeit, meist zu Zeiten geringerer Lichtwirkung, diejenigen Bedingungen sind, welche den Verlaubungsvorgang einleiten und begünstigen. Besonders deutlich tritt dies in die Erscheinung bei der Entstehung solcher gefüllten Blüten, deren Staubgefäße zu Blumenblättern umgewandelt werden.

Da dieser Vorgang, wie alle Änderungen in der Wachstumsrichtung, unter gleichbleibenden Bedingungen erblich werden kann und Akkumulationen erfährt, so ist es erklärlich, daß wir Beispiele finden, in denen die Neigung zum Rückgang der Sexualorgane in morphologisch niedrigere Ausbildungsformen alle Kreise einer Blüte ergriffen hat und damit vollständige Vergrünung[1]) eintritt.

Selbstverständlich sind nur selten die Bodeneinflüsse direkt die Ursache einer Verlaubung. Diese wird vielmehr durch bestimmte Kombinationen der gesamten Wachstumsfaktoren eingeleitet, wie wir bereits erwähnt haben, und tritt auch nicht selten als Korrelationserscheinung infolge Unterdrückung anderer Wachstumsvorgänge auf. So entstehen durch Verwundungen der vegetativen Achsen, durch pflanzliche und tierische Eingriffe (Milben) Verlaubungen einzelner Blüten und Blütenstände. Beispielsweise hat C. Kraus[2]) Pflanzen verschiedenen Alters von *Helianthus annuus* fortgesetzt entblättert und nur die Deckblätter der Blütenkörbchen belassen. Bei älteren Pflanzen trat nun frühzeitig ein Zurückkrümmen und Vergrößern der Deckblätter ein. Von den jüngeren Pflanzen zeigten 25% eine wirkliche Verlaubung, indem die Deckblätter mehr oder weniger die Gestalt von Laubblättern annahmen.

Die Umwandlung von Knospenschuppen zu krautigen, blattartigen Organen nach Zerstörung des Vegetationskegels durch Frost hat Sorauer bei seinen Erfrierungsversuchen mehrfach beobachtet. Ähnliche Resultate erhielt Goebel[3]) durch Entlaubung und Entgipfelung junger Pflanzen von *Prunus padus*, *Aesculus*, *Rosa*, *Syringa* und *Quercus*.

Die Teratologie hat die Vorkommnisse systematisiert. Der einfachste Fall ist die „virescentia“, die Grünfärbung, Vergrünung, bei der ein Organ der Blütenkreise im wesentlichen seine Gestalt behält, aber eine grüne Färbung annimmt. Mit diesem Auftreten des Chlorophyllfarbstoffs wird in der Regel das Organ fleischiger. Bei der eigentlichen Verlaubung (Phyllodie, Phyllomorphie) nähert sich das Organ auch seiner Gestalt nach dem Laubblatt. Brakteen werden zu normalen Stengelblättern, die Kelchblätter werden durch wirkliche Laubblätter ersetzt. Die Blumenblätter werden grün und fleischig, die Stempel werden zu Staubgefäßen (Staminodie) oder Staubgefäße und Stempel nehmen den Charakter von Blumenblättern oder grünen, fleischigen, laubartigen Gebilden an, wie z. B. bei der gefüllten Kirsche[4]), den gefüllten Ranunkeln usw. Bei *Reseda* können durch Phyllodie der Ovula kleine beblätterte Achsen in dem urnen-

---

[1]) Über eine Vergrünung von *Bidens tripartitus* vgl. Gimesi, N. Bot. Közlem. XVIII (1920), S. 16—21.

[2]) Kraus, C., Untersuchungen über künstliche Herbeiführung der Verlaubung usw. durch abnorme Drucksteigerung. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik. 1880, S. 32.

[3]) Goebel, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. Bot. Zeit. 1880, S. 803.

[4]) Vgl. auch Becker, K. E., Untersuchungen über die Ursache der Sterilität bei einigen Prunaceen. Diss. Halle a. S. 1920 mit 1 Taf. — Manche andere Prunus-Arten sind durch fehlschlagenden Pollen steril (Mutationen usw.).

förmig offenen Fruchtknoten gebildet werden. Bei den beliebten Knollenbegonien sah Sorauer den Samenträger aus dem Fruchtknoten hervorwachsen und die Ovula auf die blumenblattartig umgebildeten Stempeläste übertreten usw.

Es gibt Fälle, in denen sämtliche Blattkreise einer Blüte zu gleichartig grünen Blättchen umgebildet sind, also vollständige Grünblütigkeit (Chloranthie) entsteht. Eines der schönsten Beispiele dieser Art ist die seinerzeit mit großem Enthusiasmus begrüßte grüne Rose (*Rosa Chinensis viridiflora*), deren Umbildungsvorgänge von Čelakovský[1]) eingehend geschildert worden sind. Grüne Dahlien, *Chrysanthemum Indicum* usw. sind neuerdings bekannt geworden. Früher fand sich im Garten oft die sogenannte „Ährennelke", eine Form des *Dianthus caryophyllus*, bei der die Blüten aus lauter ineinander geschachtelten Kelchröhren bestanden[2]). Daß es sich dabei tatsächlich um völlige Rückbildungen handelt, beweist der Umstand, daß diese Blütensprosse zur Vermehrung als Steckling verwandt werden können.

Selbst die in neuerer Zeit durch vielseitige Studien mehrfach als konstantes Vorkommnis nachgewiesene Parthenogenese möchte Sorauer hier anschließen. Kirchner[3]) sieht in ihr eine Einrichtung, „welche in einer andersartigen Weise, als es die viel weiter verbreitete spontane Selbstbestäubung tut, dazu dient, um die Ausbildung von keimfähigen Samen in solchen Fällen sicherzustellen, wo aus irgendeinem Grunde der Eintritt der Befruchtung ungewiß oder schwierig geworden ist". Man kann eben Samenanlagen von somatischem Charakter annehmen, bei denen zur Zeit der Entstehung des Embryosackes die Reduktionsteilung unterblieb und die Eizelle einen vegetativen Charakter behielt.

Bei den kryptogamen Gewächsen entspricht die Apogamie dem Verlaubungsprozeß der Phanerogamen, indem an Stelle der Geschlechtsprodukte vegetative Keime auftreten wie bei *Athyrium ilix femina* var. *cristatum*, *Aspidium falcatum* und *Pteris Cretica*. Bei letzterer Pflanze sollen überhaupt keine weiblichen Geschlechtsorgane mehr gebildet werden, sondern das junge Pflänzchen geht vielmehr durch vegetative Sprossung genau aus denjenigen Stellen am Prothallium hervor, wo die Archegonien stehen müßten[4]).

Solche „lebendig gebärende"[5]) (vivipare) Pflanzen liefern reichlich Material zur Vermehrung ebenso wie z. B. die Zwiebeln mancher Liliaceen, die durch Umwandlung einer Blütenanlage entstehen.

Die vorschreitende Metamorphose. Es handelt sich hier um den Übergang von Blattorganen in eine morphologisch höhere Ausbildungsform. Die Teratologie klassifiziert solche Umbildungen unter den Namen „Petaloidie" und „Pistilloidie", d.h.in Fälle, bei denen die Hochblätter oder der Kelch blumenblattartig werden oder Teile der Corolla dem Charakter der Staubgefäße sich nähern oder diese sowie wirklich dem Staubblattkreise angehörige Organe sich in Fruchtblätter umwandeln. Für die Petalodie bieten die Kulturformen unserer Primeln und Ranunkeln zahl-

---

[1]) Čelakowsky, Beiträge zur morphologischen Deutung des Staubgefäßes. Pringsheims Jahrb. 1878, S. 124.

[2]) Vgl. auch P. Magnus, Über eine Bracteomanie bei *Dianthus Caryophyllus*. Gartenflora LXI, (1912), 10. Heft.

[3]) Kirchner, O., Parthenogenesis bei Blütenpflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1904, Bd. XXII. Generalversammlungsheft. Hier auch die betreffende Literatur.

[4]) Noll in Straßburgers Lehrbuch der Bot. 1894, S. 243.

[5]) Vgl. auch Frank, A. B., Krankh. d. Pfl. S. 277ff. mit Abb.

reiche Beispiele. Einen sehr merkwürdigen Fall beschreibt Brick[1]) an einer Hyazinthe, die rosafarbige duftende Laubblattspitzen zeigte. Die Füllung der Blüten bei den Gruppen mit nur wenigen Staubblättern kommt meist durch Luxuriation[2]), durch eine starke Vermehrung der Organe infolge kräftiger Ernährung zustande, so bei dicht gefüllten Nelken usw. Für die Pistillodie finden wir die schönsten Belege bei unserem Mohn (*Papaver somniferum*), der als eine alte Kulturpflanze, ähnlich unseren Kohlgewächsen, in seinem morphologischen Baugesetze schon derart erschüttert ist, daß er zu Umbildungen seiner Organe sehr leicht neigt. Der interessanteste Fall dürften solche Mohnköpfe sein, die an ihrer Basis kranzartig viele kleine verholzende Anlagen von Köpfchen (in Fruchtblätter übergegangene Staubgefäße) tragen. Bei gefüllten Knollenbegonien, Tulpen und anderen Liliaceen wurden Exemplare gefunden, bei denen die Staubgefäße zu Fruchtblättern und Samenknospen sich umgewandelt hatten. Verwandt damit sind die Erscheinungen der „Zapfensucht“ bei den Nadelhölzern, namentlich den Kiefern, wie nebenstehende Abb. 101 veranschaulicht.

In der Mehrzahl der Fälle stehen die Zapfen am Grunde eines Jahrestriebes dicht gedrängt und bleiben kleiner als normale, liefern aber keimfähige Samen. Ihre Entstehung an Stelle von männlichen Blüten deutet auf einen lokalen Überschuß an konzentriertem, plastischem Material. Sie sind dadurch deutlich von den etwa durch Blütendrang (vgl. S. 288) entstandenen zu unterscheiden.

Wenn der Überschuß an plastischen Baustoffen sich darin betätigt, daß zwar die einzelnen Blattkreise einer Blüte in ihrer Gestalt erhalten bleiben, aber die Achse sich verlängert, sprechen wir von Auseinanderhebungen (Apostasis) der Blüten. Es erscheint dann z. B. der Kelch durch ein langes Internodium von der Blumenkrone und diese von den Staubgefäßen getrennt, usw.

Die vollkommenste Form der Überernährung der Blüten tritt uns in den sogenannten „Rosenkönigen“ entgegen, d. h. bei solchen Rosen, bei denen aus der Mitte einer Blume eine neue hervorsprießt oder seitlich neue Blumen heraustreten. Wir bezeichnen derartige Fälle als Übersprossung oder Proliferatio. Es entstehen innerhalb einer Blüte oder eines Blütenstandes[3]) außergewöhnliche Knospen.

Solche Knospen können nun bald zu Blüten, bald zu beblätterten Trieben sich entwickeln. Steht eine solche Adventivknospe im Zentrum einer Blume, so daß dadurch deren Achse geschlossen und erst durch Entwicklung dieser Knospe fortgesetzt erscheint, so nennen wir eine solche Proliferation eine Durchwachsung[4]) (Diaphysis). Erscheinen dagegen

---

[1]) Brick, C., Eine Hyazinthe mit rosafarbigen duftenden Laubblattspitzen und Petaloidie bei Tulpen. Sitzungsb. Gartenbauver. Hamb., Alt. u. Umg. 1913—14.

[2]) Vgl. auch Masters, Veget. Terat. S. 62ff. — Frank, A. B., Krankh. d. Pfl. S. 267ff.

[3]) Proliferierende Erlenkätzchen vgl. Gertz, Otto, Proliferation av honhänge hos Alnus glutinosa (L.) J. Gaertn. Svensk. Bot. Tidskr. XIII. (1919), S. 71—79 mit Abb.; Ref. von Matouschek, Zeitchsr. f. Pflzkrkh. XXX (1920), S. 262. — Prolifikation und Brakteomanie vgl. oben S. 404f. Hilden unter Blastomanie.

[4]) Bei der meist eine normale Erscheinung darstellenden „Viviparie“ handelt es sich meist nicht um echte Durchwachsung, sondern um seitlich der Blüte entstehende Sprosse. — Vgl. u. a. Kinzel, Wilhelm, Über die Viviparie der Gräser und ihre Beziehung zu ähnlicher Störung der normalen Fruchtentwicklung sowie zu Mißbildungen anderer Art. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVI (1916), S. 285—91. Neuerdings beschreibt B. Pater durchwachsene Blüten von *Digitalis purpurea* (Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII [1922] S. 98—102 mit 3 Abb. „Eine neuere Abnormität an *Digitalis purpurea*).



Abb. 101. Zapfensucht bei Kiefer. (Nach Nobbe.)

die Adventivknospen in der Achsel irgendeines Gliedes der Blütenkreise oder der Deckblätter, führt die Bildungsabweichung den Namen Achselversprossung (Ecblastesis). Die mittelständigen Versprossungen sind häufiger als die achselständigen, was wahrscheinlich mit dem Umstande zusammenhängt, daß alle Triebe, welche die direkte Fortsetzung der aufsteigenden Achse bilden, leichter Wasser- und Nahrungszufuhr erhalten als die seitlichen Verzweigungen. Hierfür spricht auch das äußerst seltene Vorkommen von Proliferationen bei Blüten, die einzeln in der Achsel von Blättern stehen.

Die sogenannte Füllung der Blütenköpfe bei Compositen besteht bekanntlich meist darin, daß die normal röhrenförmigen Scheibenblüten zu gefärbten Zungenblüten werden. Eine Proliferation bei Compositen ist vielfach in der Weise beobachtet worden, daß an Stelle der Blüte sich vom allgemeinen Blütenboden ein ganzes Köpfchen erhebt. Nicht selten sind z. B. Exemplare von *Bellis perennis*[1]), die an der Peripherie ihrer Köpfchen zahlreiche gestielte Sekundärköpfchen besaßen. Dieselbe Erscheinung wurde bisweilen außer an *Crepis biennis* auch noch an *Cirsium arvense* u. a. beobachtet. Entweder waren die einzelnen Blüten derart durchgewachsen, daß sie zu einer mehr oder weniger langgestielten, oft mit trockenhäutigen Blättchen versehenen, von einem ganzen Blütenköpfchen gekrönten Achse wurden oder die sekundären Köpfchen standen in den Achseln der Außenkelchblätter (z. B. auch bei *Bellis*).

Als Ursache für diese Erscheinung kann mitunter die lokale Ansammlung plastischen Materials nachgewiesen werden, so z. B. bei *Crepis biennis* findet sich die Erscheinung öfter in Massen, wenn von den Pflanzen im zweiten Jahre (also im Blütenjahre, welches sie erschöpft) der größte Teil der Köpfe entfernt, also z. B. abgefressen wird. Das reichliche von den Blättern erzeugte plastische Material findet keine genügenden normalen Wege zur Abwanderung, da anscheinend auch oft an den Stengeln keine seitlichen Knospen mehr vorhanden sind, wie bei der Mehrzahl der ein- und zweijährigen Pflanzen, und so bleiben die meristematischen Zellen in den Blütenköpfen resp. Blüten als einzige, leicht teilungsfähige, für die Abwanderung des plastischen Materials brauchbaren Teile übrig und so kommt die Monstrosität zustande. Eine ähnliche Erscheinung beschreibt neuerdings Molliard[2]) an der Mohrrübe. Alle von Kühen abgeweideten Pflanzen waren teratologisch verändert; es zeigten sich Apetalie, Aussprossung, Vergrünung, Verdoppelung der Blüten usw. Unverletzte Pflanzen blieben normal.

An der Peripherie eines jeden Sekundärköpfchens können sogar Tertiärköpfchen und mehr Generationen sich entwickeln.

Eine Durchwachsung eines vorjährigen Blütenstandes, der noch die Reste der Früchte trug, konnte 1923 bei einer Gartenform von *Rhododendron Ponticum* beobachtet werden; die Blütenstandsachse wuchs in einen im unteren Teile mit Schuppenblättern besetzten Laubtrieb aus. Eine ähnliche

---

[1]) Magnus, P., Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXI (1879), Sitz. v. 28. Nov.

[2]) Molliard, M. Sur des phénomènes teratologiques survenant dans l'appareil floral de la carotte à la suite de traumatismes. Comptes rend. hebd. séanc. acad. sc. Paris CLXXII (1921) S. 473—475. Vgl. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. XXXIII S. 23 (1923).

schon vor langer Zeit von uns[1]) beobachtete Durchwachsung von *Trientalis Europaea* beschreibt neuerdings Dahlstedt[2]).

Sprossungen von phanerogamen Früchten sind ebenfalls keine Seltenheiten. Die bekanntesten Beispiele finden wir in unseren Kernobst-



Abb. 102. Sprossende Birnen.

früchten, und zwar bei Birnen mehr als bei Äpfeln. Wir geben in Abb. 102 eine Abbildung sprossender Birnen, bei denen aus einer Frucht eine andere

[1]) Graebner, P., Über oberirdische Ausläufer an Trientalis europaea. Verh. Bot. Ver. Brandenb. XXXIV (1893), S. XXXV.

[2]) Dahlstedt, F., En sallsynt bildningsafvikelse hos Trientalis europaea. Svensk Bot. Tidskr. XI (1918), S. 387—391 mit 1 Abb.


Abb. 103.
Lärchenzapfen mit durchwachsender Achse. (Nach Nobbe.)

oder auch mehrere hervorbrechen. Die Erklärung dieser Erscheinung ergibt sich von selbst. Gewöhnlich ist der Zweig durch die Fruchtblätter an seiner Spitze abgeschlossen; diese entwickeln sich zum Kernhause und tragen in dessen Innern die Samen. Dabei wölbt sich die Rinde des Zweiges, an dessen Gipfel die Blüte eingesenkt ist, immer mehr über den Fruchtblättern zusammen und wird zum Fruchtfleisch. Wie bei den Durchwachsungen der Rosen kann nun auch eine Birnenblüte durchwachsen, indem der kleine Achsenscheitel zwischen den Fruchtblattanlagen sich wieder streckt, die Fruchtblätter auseinanderdrängt oder gar nicht zur Entwicklung kommen läßt und sich zu einem aus der ersten Birne hervorsprossenden Zweige ausbildet. Derselbe entwickelt an seiner Spitze entweder eine Blüte oder schwillt auch ohne eine solche kreiselförmig auf und stellt so eine zweite Birne in der ersten dar. Entwickeln diese Zweige keine Geschlechtsorgane, dann zeigen die monströsen Birnen im Innern gar kein Kernhaus. Wenn sich die durchwachsende Achse der Birnenfrucht verzweigt, dann sprossen neben der zentralen Birne noch seitliche, kleinere Birnen hervor.

Losch[1]) beobachtete solche Birnendurchwachsungen an einem Spalier, an dem die Frühjahrsblüten erfroren und nun durch die vom Mai bis zum August auftretenden neuen Blüten eine Gleichgewichtsstörung in der Bildungsrichtung des Individuums eintrat, die zur Durchwachsung dieser Spätblüte führte.

Bei Äpfeln erstreckt sich manchmal die Sproßkraft nur auf einzelne Gefäßbündeläste in der Frucht; es wölbt sich dann aus derselben seitlich ein Buckel, der sich bis zu einer kleinen Nebenfrucht steigern kann, hervor. Bildet sich die Seitensprossung bis zur Produktion einer wirklichen Knospe aus, so erhalten wir zwei schräg übereinanderstehende Kerngehäuse. Der Fall hat dann große Ähnlichkeit mit den Doppelfrüchten, welche durch Verschmelzung zweier getrennter, seitlich stehender Blütenanlagen entstehen. Ein einfacher Fall ist die Entwicklung einer ruhenden Laubknospe am noch unverdickten Zweigteile der Frucht, nämlich am Fruchtstiele.

Bei den Nadelhölzern zeigt sich die Proliferation im Fortwachsen der Zapfenachse zu einem beblätterten Zweige, was am häufigsten bei den Lärchen (s. Abb. 103) zu finden ist.

Als weitere Erscheinungen der Überernährung von Früchten, die wirtschaftliche Beachtung verdienen, seien erwähnt:

Die Wollstreifen im Apfelkernhaus.

In manchen Jahren macht der Obstzüchter die unangenehme Entdeckung, daß scheinbar ganz gesunde Äpfel auf dem Lager einen braunen Faulfleck bekommen. Bei der Untersuchung stellt sich heraus, daß der Apfel bereits in

[1]) Losch, Herm., Notiz zur Ätiologie der Durchwachsungen bei Birnenfrüchten. Zeitschr. f. Pflzkrkh. XXX (1920), S. 71—73 m. 12 Abb.

seinem ganzen Innern faul und teigig ist, und daß nur eine dünne Außenschicht noch frisch ist und in besonders schlimmen Fällen zeigt sich, daß alle Äpfel im Kernhause oder um dasselbe herum braun und faulig sind. Die Ursache für diese unliebsame Erscheinung ist eine Verbildung der Zellen des Kernhauses, der meist gar keine Beachtung geschenkt wird.

Durchschneidet man ein Fruchtblatt des Apfelkernhauses, so ist die Innenfläche nicht hart und glänzend, wie sie sein soll, sondern feine wollartige Streifen verlaufen längs der Maserung in demselben, wie sie in Abb.104 bei *w* dargestellt sind. Die anatomische Untersuchung bietet das in Abb. 105 gegebene Bild. In diesem ist die durch *K* bezeichnete Seite die Innenwand des Kernhauses, wogegen *F* die an das Fruchtfleisch grenzende Außenseite skizziert. Bei den normalen glatten Kernhauskammern ist die innere Auskleidung derselben lediglich aus Zellelementen gebildet, wie sie bei *p*

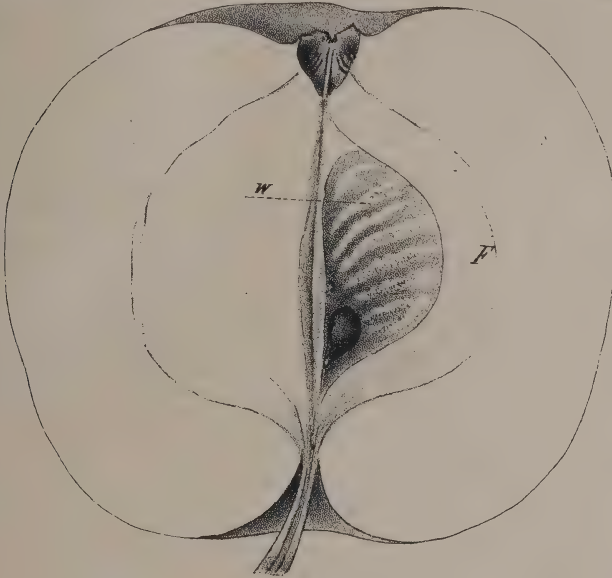


Abb. 104. Aufgeschnittener Apfel, dessen Kernhaus Wollstreifen (*w*) zeigt.
F der fleischige Teil am Fruchtblatt. (Orig. Sorauer.)

dargestellt sind. Es sind sehr langgestreckte, außerordentlich dickwandige, von vielen, oft verzweigten Porenkanälen durchzogene, mit Chlorzinkjod gelb werdende Zellen, deren einzelne Schichten einen einander kreuzenden Verlauf zeigen. Infolgedessen weist derselbe Horizontalschnitt neben solchen Zellen, die ihrer ganzen Länge nach kenntlich sind (*p*), auch Streifen von querdurchschnittenen Elementen auf (*q*). Es ist ersichtlich, daß durch die dichte Lagerung der Zellen einerseits, durch die sehr starke Wandung derselben anderseits eine sehr große Festigkeit des Kernhausgewebes erzielt wird, welche noch durch den sich kreuzenden Verlauf der Zellen sich erhöht. Es ist ferner ersichtlich, daß bei den Früchten mit weiter Kelchhöhle, durch welche ein Hineinwachsen von Pilzen in das Kernhaus leicht stattfinden kann, diese Fäulnis erzeugenden Pilze eine Grenze ihrer Ausbreitung an den pergamentartig festen Wänden des Kernhauses finden. Dieser Schutz des Fleisches gegen eine von innen heraus drohende Fäulnis wird

nun durch die Wollstreifen (Abb. 104 *W*) zerstört, denn dieselben bestehen aus einem ganz lockeren Gewebe, das in wuchernder Üppigkeit die feste Wandung unterbricht. Aber auch ohne die Anwesenheit von Pilzen oder Bakterien werden die dünnwandigen Wucherzellen der Wollstreifen das Leben des Apfels verkürzen. Wie alle solche dünnwandigen Zellen sind sie naturgemäß von geringer Haltbarkeit; sie fallen bald zusammen, d. h. ihr Protoplasma stirbt ab und zersetzt sich in der bekannten Weise. Der Inhalt der abgestorbenen Zellen wirkt auf die nur durch dünne Wände getrennten Nachbarzellen, die ihrerseits absterben, und so geht das fort, bis das Innere des Apfels faul ist.

Wir sehen, daß diese Wollstreifen aus dichten Büscheln fadenartig verlängerter Zellreihen gebildet sind, die durch ihre dünnere Wandung



Abb. 105. Durchbruch des Wuchergewebes eines Wollstreifens durch die pergamentartige Fruchtwand des Apfels[1]. (Orig. Sorauer.)

auffallend von der Umgebung abstechen und ganz allmählich in das Gewebe des Fruchtfleisches (*F*) übergehen, während dasselbe sich unterhalb der pergamentartig verbliebenen Kernhausstellen ziemlich scharf und plötzlich von den dickwandigen Zellen *p* abhebt. Nur an der Basis dieser Fadenbüschel erinnern kurze, sklerenchymatische, vereinzelt oder nesterweise beieinander liegende Zellen *s k* an die in der normalen Wand zu findenden Elemente *p*. Obgleich nun diese dünnwandigen Zellreihen sich ihrer Gestalt nach und durch ihre blaue Färbung mit Chlorzinkjod mehr dem Gewebe des Fruchtfleisches nähern, stimmen sie doch nicht ganz mit demselben

[1]) Dieser sich im feuchten Innern des Apfelkernhauses abspielende Vorgang wird von Küster (Pathol. Pflanzenanatomie S. 165) als Hyperplasie mit dem Callus in Verbindung gebracht.

überein. Der Unterschied besteht nämlich in einer warzenartigen Verdickung der Zellwand *w*, die an den äußeren Zellen des Fadenbüschels am stärksten entwickelt ist, bei den inneren Zellen oft nur schwach angedeutet und bei den sklerenchymatischen Elementen meist gar nicht vorhanden ist. Diese nach außen vorspringenden, knopfförmig erscheinenden Zellwandverdickungen zeigen bei Chlorzinkjod-Einwirkung entweder eine mattblaue Färbung, oder bleiben ungefärbt, oder erscheinen auch gelb. Letzterer Fall findet sich am deutlichsten bei den sehr dickwandigen Zellen *s k*, bei denen sich die ganze Membran ebenfalls gelb färbt. Abb. 105 links ist ein stärker vergrößertes Stück einer Zellreihe des Fadenbüschels; man erkennt hier, daß die warzenartigen Vorsprünge der Membran, die Sorauer übrigens für Quellungserscheinungen einzelner Punkte einer feinen Zwischenlamelle halten möchte, manchmal gestielte Knöpfchen *k n* darstellen[1]).

Als Ursache der Wollstreifigkeit der Äpfel steht eine übermäßige Wasser- und Nährstoffzufuhr zur Zeit der Ausbildung des Apfelkernhauses außer Zweifel. Wenn die Erhärtung der sklerenchymatischen Zellen noch nicht erfolgt ist und diese wenigstens zum Teil ihre Wachstumsfähigkeit noch nicht verloren haben, bilden sich die Wucherformen durch den Wasserüberschuß aus.

Die unvollständige Ausbildung der Schalen an den Walnußfrüchten[2]) ist sicher zum Teil wenigstens auf ähnliche Ursachen der übermäßigen Zufuhr plastischen Materials zur Zeit der Ausbildung der Steinzellen zurückzuführen. Gewisse an sich schon dünnschalige Sorten (Meisennüsse, weil sie leicht von Meisen usw. angebohrt werden) neigen besonders zu solchen Defekten; in besonders feuchten und warmen Sommern nimmt aber die Erscheinung zweifellos zu und auf frischgedüngtem Boden, namentlich bei Unterkulturen von Gemüse usw. ist sie nach unseren Beobachtungen auch bei sonst festschaligen Bäumen zu finden. Manche Bäume zeigen die Erscheinung als individuelle Eigentümlichkeit[3]).

Die Stippflecke (vgl. auch S. 281).

Im Fleisch des Kernobstes, vorzugsweise der Äpfel, entstehen braune, zähe, mitunter bitter schmeckende, zerstreute Flecke. Befinden sich dieselben in unmittelbarer Nähe der Schale, machen sie sich als etwas eingesunkene, matter gefärbte, schließlich braune, zähe Stellen bemerkbar. Die festfleischigen Sorten leiden weniger. Obgleich von einigen Forschern ein Pilz, *Spilocaea pomi* Fr., als Ursache angegeben wird, möchte Sorauer[4]) doch die Erscheinung als eine Folge zu schnellen Auslebens einzelner Zellgruppen des Fruchtfleisches ansehen. Bei jeder Frucht erscheint das Gewebe des Fruchtfleisches ungleichmäßig mit Reservestoffen gefüllt. Wenn vorzeitige Bodentrockenheit, namentlich die sich bemerkbar

---

[1]) Gleichartige oder ähnliche Erscheinungen sind von verschiedenen Beobachtern erwähnt worden. Sorauer fand sie auch an den haarartigen Zellen, welche das Innere hohl gewordener Rübenköpfe auskleiden, in Blattparenchymzellen gelagerter Haferpflanzen usw.

[2]) Linsbauer, K., Schalendefekte an Walnußfrüchten. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVI (1916), S. 449—51; dort auch weitere Angaben.

[3]) Vgl. Naumann, Eine eigenartige Mißbildung an Walnußfrüchten. Zeitschr. f. Obst-, Wein- u. Gartenbau XLVI (1920), S. 118 f. Dort auch weitere Literatur.

[4]) Sorauer hat die Inhaltsstoffe der Zellen mehliger und normal saftiger Zellen von Äpfeln und Birnen untersucht und gibt davon (2. Aufl., I., S. 166—168 Fußn.) eine eingehende mikrochemische Beschreibung.

machenden Wirkungen der Ballentrocknis[1]), die Leitung der zur vollen Ausbildung der Frucht notwendigen Menge organischen Materials verhindern, werden einzelne Gewebegruppen besonders arm an Inhaltsstoffen bleiben und dann sich schneller ausleben. Die Anfänge der Erkrankung müssen in einem ziemlich frühen Stadium der Fruchtentwicklung gesucht werden. Sorauer fand mehrfach in erkrankten, durch gebräunte und verkorkte Membranen kenntlichen Zellgruppen an die Zellwand angelagerte Körner, die sich durch Jod langsam blau färbten und also als Stärke angesprochen werden mußten. Einzelne dieser Körner zeigten einen weißlich bleibenden, verquollenen Saum. Ferner beobachtet man manchmal an den zum Stippigwerden am meisten geeigneten mürbfleischigen, frühen Apfelsorten ein Zerreißen des gebräunten Gewebes. Da diese Lücken nur dadurch zu erklären sind, daß zur Zeit, als die Frucht noch im Schwellungsprozeß begriffen war, das stippige Gewebe bereits verkorkte, nicht mehr genügend dehnbare Membranen besaß, so muß eine Erkrankung schon früh vorhanden gewesen sein.

Ein derartiges Absterben einzelner Gewebegruppen infolge ungenügender Einlagerung von Reservestoffen wird um so leichter stattfinden, wenn die Stärkeablagerung durch einseitig gesteigerte Stickstoffdüngung erschwert wird. Tatsächlich haben auch praktische Obstzüchter beobachtet, daß das Stippigwerden besonders häufig sich zeigte, wenn die Bäume mit Malzkeimen, Hornspänen u. dgl. in überreichem Maße gedüngt worden waren. Später ward diese Anschauung durch eine Umfrage des Praktischen Ratgebers[2]), die Antworten aus ganz Deutschland erhielt, bestätigt. Bei vielen Sorten leiden nur die großen Früchte, nicht aber die kleineren. Die Empfindlichkeit nimmt mit der Entwicklung über die Normalgröße zu. Die meisten Sorten werden erst auf Lager stippig. Gesunde Äpfel, aus dem Keller ins Zimmer gebracht, zeigen oft bald Stippflecke. Sehr spätes Pflücken begünstigt die Stippigkeit. Durch stickstoffhaltigen Dünger und reichliche Bewässerung während des Wachstums wird die Stippigkeit begünstigt; sie tritt deshalb auch in nassen Sommern stärker auf.

Wortmann[3]) bestätigt Sorauers Ansicht betreffs des nichtparasitären Charakters der Stippflecke. Er schreibt das Auftreten der toten, verkorkten Zellgruppen einem Säureüberschuß zu, der dadurch zustande kommt, daß infolge eines nicht zu deckenden Verdunstungsverlustes der Frucht der Zellsaft allmählich konzentrierter wird. Der absolute Säuregehalt nimmt bei der Reife der Früchte allerdings ab, aber der relative kann sich durch den Wassermangel in den Zellen steigern. Daß größere Früchte mehr verdunsten als kleinere und die stippigen Sorten (rötliche Reinette, Goldgunderling, Winter-Goldparmäne, Landsberger Reinette, Herberts Reinette, Goldreinette von Blenheim, Schöner von Boskoop, Ripston-Pepping, Kanada-Reinette, Casseler Reinette, Cox-Orangen-Reinette, Grüner Stettiner, Danziger Kantapfel) mehr verdunsten als die

---

[1]) Sparwasser, G., Stippige Äpfel. Erfurter Führer Obst- u. Gartenbau XXI (1920), S. 117f. hält auch das Stippigwerden für die Folge zu großer Bodentrockenheit im Hoch- und Nachsommer, ebenso P. Kaiser ebendort S. 144f., dort auch die anfälligsten Sorten und Vorschläge zur Behandlung.

[2]) Prakt. Ratgeber f. Obst- u. Gartenbau 1909, Nr. 15. Vgl. auch Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XX (1910), S. 482f.

[3]) Wortmann, Jul., Über d. sog. Stippen der Äpfel. Landwirtsch. Jahrbücher 1892, Heft 3 u. 4.

nicht zur Stippigkeit geneigten Sorten, schließt Wortmann aus der Untersuchung der Epidermis. Er fand eine stärkere Verdickung der Außenwände der Oberhautzellen bei nichtstippigen Sorten, deren geschälte Exemplare mehr verdunsten als geschälte stippige Äpfel. Wenn Früchte nichtstippiger Sorten mit einer Nadel angestochen und in sauere oder alkalische Lösungen (Kalitartarat, Kalkwasser) gelegt wurden, entstanden Stippflecke, die von den natürlichen nicht zu unterscheiden waren.

Evans[1]) glaubt, daß Temperaturwechsel die Stippfleckigkeit befördert.

Nicht zu verwechseln ist die Erscheinung mit dem sog. „Fliegenflecken". Es finden sich dann auf der Apfelschale sehr feine, schwarze, gruppenweise vereinigte Pünktchen, die für das bloße Auge einen wolkigen Anflug darstellen und unter der Lupe wie Anhäufungen von Fliegenschmutz aussehen. Als Ursache werden Pilze, nämlich *Leptothyrium pomi* und *Phyllachora pomigena* angegeben. Manchmal findet man auch wirkliche aufgespritzte Insektenexkremente, in denen diese Pilze vegetieren. Da die Schale sich unter den Fliegenflecken in keiner Weise angegriffen erweist, genügt das Abreiben mit einem nassen Tuche, um die Früchte wieder verkaufsfähig zu machen. Eine andere, manchmal als Stippflecke bezeichnete Erscheinung ist das „Rostigwerden der Schale". Die Bezeichnung rührt von der Farbenveränderung her, welche die Oberhaut der Frucht annimmt. Dieselbe bekommt während des Schwellungsprozesses sternförmig oder dendritisch verzweigte Rißstellen, welche durch Korkbildung geschlossen werden.

Ausgewachsene Samen.

Bei den nunmehr anzuführenden, mit Wasserüberschuß zusammenhängenden Erscheinungen kommt eine Schädigung entweder dadurch zustande, daß Wasser zu ungeeigneter Zeit von außen mechanisch auf die Gewebe einwirkt, oder aber es kann die von der Wurzel aufgenommene Nährlösung noch während der Fruchtreife in den Blättern assimiliert werden, und die Assimilate können nicht in entsprechender Menge Verwendung und Ableitung finden. Zur ersteren Gruppe gehört das Getreide, das auf dem Felde durch Regen in der Erntezeit zum Auswachsen veranlaßt wird. Der Nachteil ist um so empfindlicher, da das ausgewachsene Samenkorn weder zu Nahrungszwecken noch auch zur Saat taugliche Verwendung finden kann. Selbstverständlich leidet die Keimfähigkeit bei späterer Verwendung als Saatgut um so mehr, je länger bereits die Körner ausgetrieben hatten. Ehrhardt[2]) fand, daß die Schwäche und daher die Sterblichkeit der Pflänzchen in dem Maße zunahm, in dem ihre Entwicklung bereits durch das vorzeitige Auswachsen Fortschritte gemacht hatte. Eingehende Beobachtungen über die Veränderungen des Samenkorns durch das Auswachsen verdanken wir Märcker und Kobus[1]). Ersterer untersuchte Gerste, welche bei der Ernte unbeschädigt eingebracht worden war, zur anderen Hälfte aber fast 14 Tage lang durchnäßt infolge von Regenwetter stehen geblieben war. Die Unterschiede zeigten

[1]) Pole Evans, J. B., Bitter-pit of the Apple. Transvaal Departm. of Agric. Technic. Bull. I, 1909.

[2]) Deutsche landwirtsch. Presse, 1881, Nr. 76.

[3]) Aus Braunschweiger landw. Z. 1882, Nr. 22, vgl. Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1883, S. 326.

sich bei Bestimmung der in Wasser löslichen Bestandteile; denn es betrugen bei

	ausgewachsener	und bei gut eingebrachter Gerste
die lösliche Stärke . .	1,17 %	1,76 %
Dextrin	0,00 ,,	1,10 ,,
Dextrose	4,92 ,,	0,00 ,,
Maltose	7,32 ,,	3,12 ,,
sonstige lösliche Stoffe	5,23 ,,	5,64 ,,
	18,64 %	11,62 %

Wir sehen somit, daß sich infolge energischer Diastasewirkung aus Stärke und Dextrin eine sehr reichliche Zuckerbildung eingeleitet hatte. Der Gehalt an Stärkemehl war durch das Auswachsen von 64,10% auf 57,98% gesunken. Die bedeutende Menge von Diastase würde nun, wenn man die Körner auf Stärke verarbeiten würde, voraussichtlich beim Einweichen weiterer Stärkequantitäten in Dextrin und Zucker überführen und empfindliche Fabrikationsverluste veranlassen. Die größten Veränderungen haben aber durch das Auswachsen die stickstoffhaltigen Bestandteile der Körner erlitten. Während nämlich der Ammoniakgehalt unverändert geblieben war (Salpetersäure fand sich in nennenswerter Menge in keiner von beiden Körnersorten vor), hatte das lösliche Eiweiß eine starke, das unlösliche eine etwas weniger große Verminderung erfahren. Diese Verminderung erklärt sich durch die relativ außerordentlich große Steigerung des Gehaltes an Amiden. Es war somit bei dem Auswachsen zuerst das lösliche, später auch bereits ein Teil des unlöslichen Eiweißes zur Amidbildung verbraucht worden.

Zu denselben Resultaten kam Kobus bei der Untersuchung von ausgewachsenem Weizen, dessen Klebergehalt beim Auswachsen eine Verminderung um 20—25% erfahren hatte. Aus diesem Umstande erklärt sich die bekannte Verringerung der Backfähigkeit eines Mehles von ausgewachsenen Körnern.

Die Keimfähigkeit war in den von Märcker ausgeführten Versuchen von 98% auf 45% gesunken.

Man ersieht hieraus, wie sehr sich selbst die größten Kraftanstrengungen lohnen, die eventuell zur trockenen Einbringung der Ernte gemacht werden müssen. Ähnliche Verluste werden auch anderen Feldfrüchten, wie z. B. den Lupinen, Raps, Runkeln, drohen. Auch an den trockenen Fruchtständen anderer Pflanzen kann man bei Regenperioden im Herbst die Samen keimen oder gar ergrünen sehen, so daß sie oft dichte grüne Büschel an den feuchten abgestorbenen Fruchtständen bilden. Besonders häufig ist dies bei Cruciferen, *Papaver* usw., zu beobachten.

Interessant, aber wirtschaftlich meist bedeutungslos sind die Fälle, in denen innerhalb der Frucht und äußerlich nicht bemerkbar eine Keimung der Samen stattfindet. Sorauer sah solche Fälle bei Birne, Apfel, Melone und Kürbis; an letzterer Frucht ist die Erscheinung nicht selten. Andere Beobachter fanden derartige „in der Frucht keimende Samen" auch bei Orangen, weiter bei Ahorn, *Impatiens Roylei* u. a. Auch hier handelt es sich darum, daß die innere Feuchtigkeit der Frucht den Samen, der keine leitende Verbindung mit den Plazenten mehr besitzt, zur Keimung bringt; und zwar sowohl bei solchen Früchten, die sehr lange auf dem Baume geblieben waren, als auch bei solchen, die sich kürzlich erst gefärbt hatten.

Mit beiden Vorkommnissen, die lediglich das Auskeimen der Samen am Orte ihres Entstehens bedeuten, gekeimt durch dem Samen von außen zugebrachte Feuchtigkeit, darf die zweite erwähnte Gruppe nicht zusammengeworfen werden, bei denen ein Auswachsen des Samens dadurch erfolgt, daß dem Samen von der Mutterpflanze durch den Nabelstrang, nach seiner völligen Fertigstellung und nach der Auffüllung mit Reservesubstanz zu der Zeit, wo eigentlich bald seine Loslösung von der Plazenta erfolgen soll, noch plastisches Material zugeführt wird, was er natürlich jetzt für seine normale Entwicklung nicht mehr verwerten kann.

Wie schon oben S. 48ff. bemerkt wurde, tritt bei allen einjährigen resp. hapaxanthen Gewächsen zur Zeit der beginnenden Fruchtreife ein Zustand der Erschöpfung ein; alle nur irgendwie benutzbaren löslichen Substanzen werden als Reservestoffe in die Samen geleitet. Für jede Art ist der Zeitpunkt der beginnenden Erschöpfung ein bestimmter; für den Roggen z. B. sagt die Bauernregel: „Peter Purzel (Peter Paul, 29. Juni) bricht dem Korn die Wurzel.“ Wenn nun dieser Zeitpunkt gerade in eine feuchtwarme Periode fällt, so hören Wurzeln und Blätter nicht auf zu leiten und zu assimilieren; es wird neues plastisches Material über den Bedarf der Samen hinaus erzeugt. Manche einjährige Gewächse haben dann die Fähigkeit, den Überschuß in noch vorhandene Knospenanlagen („schlafende Augen“) zu leiten; sie treiben dann nochmals Blüten; so die meisten Cruciferen, *Oenothera* usw. Andere, wie die Getreidearten, können das normalerweise nicht, sie haben keine Möglichkeit mehr, neue Sprosse zu treiben, und leiten deshalb das plastische Material in die Körner, die nun an den noch wachstumfähigen Stellen treiben. Das geschieht meist durch Weiterwachsen des Keimlings, wie es normalerweise ja bekanntlich bei den „lebendig-gebärenden“ Mangrovebäumen, den Rhizophoraceen, geschieht. Mattfeld beobachtete in dem außerordentlich warmen September 1919 einen Mohn, *Papaver somniferum*, mit ganz grünem Stengel und grüner Kapsel, in der die noch an ihren frischen Nabelsträngen saugenden Samen (!) Stadien der Keimung zeigten. Am Getreide, besonders Roggen, beobachtet man nach feuchtwarmen Wochen Ende Juni und Anfang Juli eine deutliche Weiterentwicklung der Frucht resp. des in ihr steckenden Keimlings. Die Würzelchen und der ganze Keimling strecken sich sichtlich. Beim späteren Eintrocknen werden die Körner an der Seite des Embryos auffällig spitz, sie trocknen dort zusammen.

Sehr merkwürdig, aber besonders lehrreich ist ein von Sorauer genau untersuchter Fall der Bildung von Wurzeln aus Weizenkörnern. Wenn es sich hier auch augenscheinlich um eine Deformation der Körner durch die Einwirkung oder doch wenigstens Mitwirkung eines Pilzes handelt, so ist der Fall doch für die Beurteilung resp. für das Verständnis der Entstehung viviparer Formen von großer Bedeutung, da er zeigt, wie ganz allmählich das vegetative Wachstum im Korn der Ausbildung des Keimlings Konkurrenz macht, so daß schrittweise die Ausbildung von Sprossen aus den Zellen des Kornes verständlich wird.

Herr Landwirtschaftslehrer Wolfes in Dargun (Mecklenb.-Schwerin) übersandte im Jahre 1876 14 Weizenkörner, welche durch Hypertrophie den Embryo nicht seitlich am Sameneiweiß, sondern mitten im Endosperm eingeschlossen zeigten. Die Körner waren im Herbst gesät und, zum Teil mit Wurzeln, aber ohne Triebe, im Frühjahr im Boden wieder aufgefunden worden. Ihre Gestalt (Abb. 106/107) war entweder schlank birnenförmig

oder auch an einem Ende zylindrisch und am anderen, sich schnell verjüngenden, die Form eines Geigenhalses annehmend. Bei manchen Körnern (Abb. 106) war die Verlängerung des schmalen, dem Embryo entgegengesetzten Endes so bedeutend, daß dadurch ein 2—3,5 mm langer, nach oben gekrümmter Hals gebildet wurde.



Abb. 106. Weizenkörner mit Wurzeln, welche nicht vom Embryo stammen, sondern aus der hypertrophierten Fruchthaut an der Spitze des Samenkorns entspringen.

Bei 12 Körnern, deren Länge von $^3/_4$—$1^1/_4$ cm schwankte, trug der Hals eine große Anzahl von 1—2 cm langen, sehr dünnen, fädigen, dicht büschelig gestellten Wurzeln, welche fast ihrer ganzen Länge nach behaart waren.

Wenn man die hier und da gesprengte, stellenweise runzelige Fruchtschale von dem Kern vorsichtig mit der Nadel abzuheben suchte, fand man, daß dieselbe an einzelnen Stellen noch dicht auf dem Korn aufgekittet war und in der Umgebung dieser meist etwas dunkler gefärbten Stellen abbrach; dagegen blieb ihr oberer Teil fast stets in festem Zusammenhange mit dem schnabelförmigen Fortsatze, der sich dann im ganzen wie eine strohige Kappe von dem eigentlichen Samenkorn abheben ließ (Abbildung 107). Der Hals stand also zur Zeit der Untersuchung mit dem eigentlichen Samenkorn in keiner anderen Verbindung als durch die Fruchtschale, aus deren Substanz er auch gebildet zu sein schien. Im frischen Zustande des Kornes hat derselbe sicher fest auf dem Samen aufgesessen, da einzelne konkave Stellen, welche man mit der Lupe an der inneren Kappenwand wahrnahm, zu den kleinen, konvexen Erhabenheiten paßten, welche auf dem Samenkorne sichtbar waren.

Außer dem merkwürdigen, schnabelförmigen Fortsatze mit seinen Wurzeln war aber noch der Umstand auffallend, daß die sonst überall vorhandene Furche diesen Weizenkörnern fehlte; ebensowenig war der Keimling, welcher an der Basis des normalen Kornes sitzt und durch die Fruchtschale hindurch sofort kenntlich ist, bei den aufgefundenen Körnern bemerkbar. Der Mehlkörper selbst endlich zeigte bei dem Zerschneiden nur zum größten Teil jene weiße Farbe des gesunden Kornes; er war namentlich vom Rande her auf weite Strecken glasig durchscheinend und gelblich. Der Geruch war ranzig. Die für den Stärkenachweis maßgebende Blaufärbung bei Zutritt von Jod trat nur in denjenigen Gewebepartien des Kornes intensiv auf, welche auf dem frischen Schnitte weiß und mehlartig sich zeigten, während die glasigen Stellen meist nur leicht hellblauen Zellinhalt aufwiesen.

Die Kleberschicht war bei den aus Mecklenburg eingesandten Körnern gar nicht und die dünne Samenschale nur unvollkommen entwickelt. An Stelle der Kleberschicht (Abb. 107*k*) befand sich tafelförmiges Parenchym, dessen Inhalt nicht wesentlich von dem des darunterliegenden Gewebes abwich.

Das Auffallendste an den so abweichend gebauten Weizenkörnern war aber jedenfalls die Lage des Embryos am entgegengesetzten Ende von

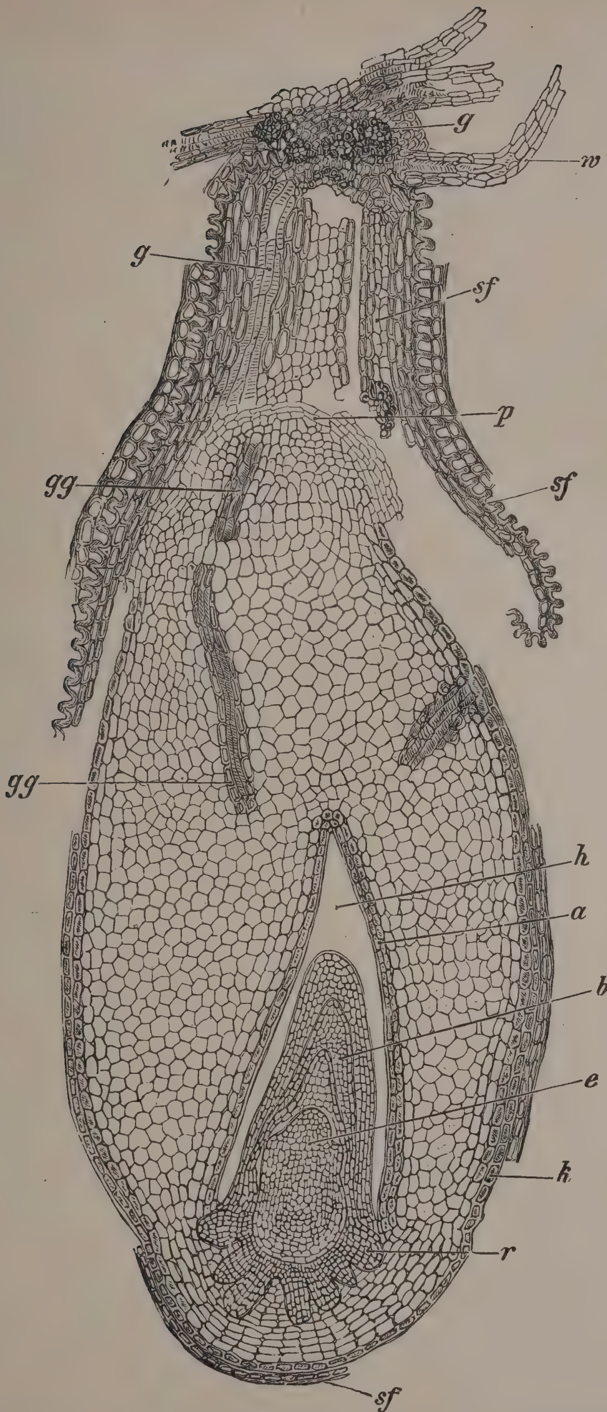


Abb. 107. Weizenkorn mit hypertrophierter Fruchthaut und Wurzelbildung an seiner Spitze. Embryo zentral statt lateral. Buchstabenerklärung im Text. (Orig. Sorauer.)

demjenigen, welches die Wurzeln (Abb. 107 *w*) trug, genau in der Mitte des Kornes (ähnlich wie bei den Typhaceen) gleichmäßig von allen Seiten von stärkeführendem Gewebe des Mehlkörpers (Endosperm) eingeschlossen. Während bei den normal gebauten Weizenkörnern der Keimling außen an der Basis des Kornes sitzt und mit dem Mehlkörper durch ein besonderes Organ, das Skutellum (den Samenlappen), verbunden ist, liegt hier der Keimling (Abb. 107 *e*) ohne Samenlappen in einer zentralen Höhlung (Abb. 107 *h*) des Kornes.

Diese Höhlung ist bei einigen Körnern ellipsoidisch, bei anderen dreiseitig; bei einigen geht sie etwa bis in die Mitte des Kornes, bei anderen erstreckt sie sich, nach oben immer enger werdend, bis an die Spitze, ja bis in das Gewebe der Kappe hinein. Auf der Innenseite ist sie mit einer aus zwei tafelförmigen Zellreihen mit kleberähnlichem Inhalt gebildeten Schicht (Abb. 107 *a*) ausgekleidet, welche deutlich an die sonst bei gesunden Körnern außen auf dem Mehlkörper aufgelagerte Kleberschicht erinnert.

Die tütenförmig übereinandergeschachtelten jungen Blätter des Keimlings zeigen keine wesentliche Abweichung; dagegen ist die Zahl der kranzförmig fast in gleicher Höhe entspringenden Keimwurzeln (Abb. 107 *r*) stets auf 6—8 vermehrt, und diese Wurzeln erscheinen von einer nach Art der Korkzellen geordneten, 6—8 Zellenreihen starken, stärkefreien Parenchymschicht bedeckt.

Auf diesem Gewebe ruht die vereinigte und veränderte Samen- und Fruchtschale (Abb. 107 *sf*), welche am trockenen Korn nach der Spitze hin immer dicker, derbwandiger, zellenreicher wird und unmerklich sich zu der Kappe ausbildet, die an ihrer Spitze die Wurzeln (Abb. 106 *w*) trägt.

Von den Wurzeln aus setzt sich rückwärts der Gefäßbündelstrang in die Kappe hinein fort. Hier findet man oft mehrere Stränge an der Spitze der Kappe zu einem horizontal laufenden, ringförmigen, dickeren Gefäßnetze, an einen Halmknoten erinnernd, vereinigt.

Noch weiter von der Spitze abwärts sieht man die Gefäßbündelstränge (Abb. 107 *g*) isoliert in der Nähe des äußeren Umfanges innerhalb der Kappe abwärts laufen, ja, sie lassen sich in den Mehlkörper des Kornes hinein verfolgen (Abb. 107 *gg*). Das normale Korn hat keine ausgebildeten Gefäßbündel im Endosperm und nur eine Anlage dazu im Samenlappen. Hier aber ziehen sich die Gefäßbündel in mehrfach unregelmäßigem Verlauf durch den Mehlkörper und umgeben selbst bei einzelnen Körnern halbkreisförmig den Keimling, welcher, trotzdem die Körner vom Herbst bis zum Frühjahr in der Erde gelegen, sich nicht entwickelt hatte.

Bei Zerlegung der kranken Körner in einzelne zur mikroskopischen Untersuchung geeignete Querschnitte konnte man nun die mögliche Ursache dieser auffallenden Verbildung alsbald auffinden. An denjenigen Stellen des Kornes, an welchen die Fruchtschale sich durchaus nicht vom Korn lösen wollte, sondern eine zusammenhängende, feste, gleichmäßige, etwas dunkle Masse bildete (Abb. 108), ließen sich dicke, reichverzweigte, oft mit kurzen, knäuelartigen Astanhäufungen versehene Mycelfäden nachweisen. Die Fäden des farblosen, stark lichtbrechenden Mycels wuchsen quer durch die sehr dicken Wandungen (Abb. 108 *m*) der Zellen der miteinander verschmolzenen Frucht- und Samenschale. Da, wo die Zellen inhaltreicher und dünnwandiger wurden, im Gewebe des Mehlkörpers, häuften sich die Mycelfäden und füllten einzelne Zellen ganz aus (Abbildung 108 *mm*).

In der Umgebung solcher Stellen war die Stärke gelöst, der plasmatische Inhalt erhalten, aber fest, wie nach dem Eintrocknen. In anderen Zellen zeigte sich das feine Netz plasmatischer Substanz, das bei Anwesenheit der Stärkekörner kaum merklich war, allein vorhanden; es besaß genau die Anordnung, als wenn es sich noch um die Stärkekörner herumlagerte; aber statt der Körner waren meist nur noch die entsprechenden Hohlräume vorhanden. Daher die gelbliche, durchscheinende Beschaffenheit der betreffenden Stellen, zwischen welchen, mehr nach der Mitte des Kornes zu, inselartige Zellgruppen mit starkem Stärkegehalt eingestreut lagen. Diese gemischten Regionen erwiesen sich bei Jodzusatz unter schwacher Vergrößerung hellblau.

Wie abweichend an diesen Stellen das kranke Korn gebaut war, zeigt am besten der Vergleich von Abb. 108 mit Abb. 109. Letztere stellt einen Schnitt aus der entsprechenden Stelle eines gesunden Kornes dar. Die aus

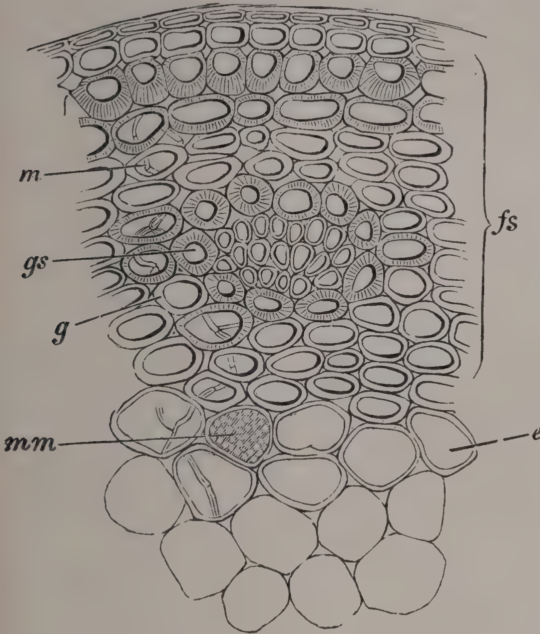


Abb. 108. Myceldurchzogene, hypertrophierte Fruchthaut.

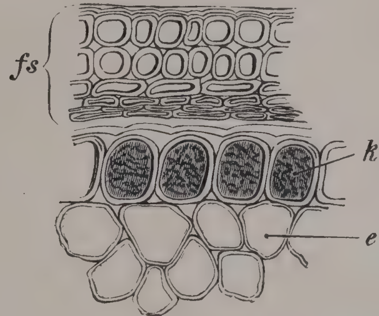


Abb. 109. Normale Frucht- und Samenhaut nebst Kleberschicht.

der Frucht- und Samenhaut gemeinschaftlich gebildete Schale des Kornes (Abb. 108 und 109 *fs*) hat bei dem kranken Korn mehr als die dreifache Dicke der gesunden Schale. Bei *g* sehen wir in der krankhaft entwickelten Fruchthaut ein ausgebildetes Gefäßbündel mit ziemlich deutlich kenntlicher Gefäßbündelscheide *gs*. Bei dem kranken Korne geht die wuchernde Fruchthaut direkt in den Mehlkörper *e* über, während bei dem gesunden die eiweißreiche Kleberschicht (Abb. 109 *k*) zwischen beiden Gewebeformen liegt.

Dies ist im wesentlichen der Befund gewesen, der sich bei Untersuchung der eingesandten Körner ergeben hat. Die Körner erscheinen somit total verbildet, und da die Verbildung sowohl in der Lage des Keimlings als auch in der Ausbildung des Mehlkörpers und namentlich in einer Wucherung der Fruchtschale sich geltend macht, so liegt darin der Beweis, daß diese Deformation zur Zeit der Anlage des Kornes auf dem Halme sich vollzogen haben muß. Die Befruchtung hat noch normal stattgefunden, da der Embryo sowohl Blätter und Vegetationskegel als auch Wurzeln

(letztere in erhöhter Anzahl) aufweist. Aber alsbald muß ein lokaler Reiz auf das Gewebe der Fruchthaut dieselbe zur Zellvermehrung angeregt und dabei die Verschiebung des Embryos von der Seite nach der Mitte des Endosperms veranlaßt haben. Dieser Reiz ist während der ganzen Ausbildung des Kornes tätig gewesen und hat die Neigung zur vegetativen Tätigkeit derart gesteigert, daß bereits der Charakter des Endosperms eine Änderung erfahren, indem sich Gefäßbündel wie in einer vegetativen Achse ausbildeten. Die hauptsächlichste Steigerung der Zellvermehrung erblicken wir in der Spitze des Samenkorns, welche den Charakter einer vegetativen Achse annimmt und durch die Verschlingung der Gefäßbündel das Bild eines Halmknotens darstellt. Aus diesem Halmknoten sind reichlich Wurzeln hervorgegangen, und es wäre nicht unwahrscheinlich, daß bei einer größeren Durchlüftung der Bodenschichten die Anlage von Blattknospen stattgefunden hätte. Wir würden dann einen ähnlichen Fall wie bei dikotyledonen Gewächsen vor uns gehabt haben, wenn sich bei diesen, wie mehrfach beobachtet worden, vegetative Achsen aus dem Fruchtknoten entwickeln.

Für derartige Vorgänge aber lag die Saat zu tief. Es fehlte der Hilfsapparat zur Hebung des Kornes an die Bodenoberfläche, nämlich die Streckung des ersten Internodiums am Keimling. Infolgedessen erfolgte bakteriose Verjauchung bei Sauerstoffmangel, die sich durch den ranzigen Geruch nach Buttersäure anzeigte.

Dieser Verlauf ist der Grund, weswegen der vorliegende Fall an dieser Stelle erwähnt wird. Wäre es möglich gewesen, den Pilz, der vielleicht als die Ursache des Reizes zur vegetativen Verbildung angesehen werden darf, näher zu bestimmen, dürfte der Fall besser bei den parasitären Krankheiten untergebracht worden sein. Die Unmöglichkeit aber, das ursprüngliche Pilzmycel an den von Bakterien und Schimmelpilzen durchsetzten Fruchtknoten weiter zur Entwicklung zu bringen, läßt nur Vermutungen über die Natur der Parasiten zu. Nur das eine ist sicher, daß das den Reiz ausübende Mycel nicht zu den Schwärzepilzen (*Cladosporium* usw.) gehörte. Nach Brefelds neuen Untersuchungen über das Eindringen der Brandkeime in den Blüten des Getreides liegt jetzt die Vermutung am nächsten, daß die noch während der Blüte eingewanderten Brandsporen bald nach der Befruchtung des Kornes gekeimt und durch das langsame Vordringen ihres Mycels den Reiz auf die Fruchthaut ausgeübt haben.

2. Überschuß bestimmter Stoffe[1]).

(Vergleiche auch bei „Schädliche Flüssigkeiten“.)

Einfluß von Stickstoffüberschuß.

Bei einer großen Zahl der durch Wasser- und Nährstoffüberschuß hervorgerufenen Störungen und Krankheiten spielt zweifellos der Stickstoffüberschuß die Hauptrolle. Da aber seine Wirkung häufig dabei nicht unbedingt feststeht oder er auch vielfach seine Wirkung eben in Verbindung mit den gleichfalls überschüssigen übrigen Nährstoffen tut, sind für diesen

[1]) Über die giftige Wirkung selbst schwachen *Sphagnumwassers* auf die Wurzeln mancher Nichthochmoorpflanzen, z. B. Mais, berichtet neuerdings Montfort, Die aktive Wurzelsaugung aus Hochmoorwasser im Laboratorium und am Standort und die Frage seiner Giftwirkung. Jahrb. wiss. Bot. LX (1921) S. 184—255 (vgl. auch S. 186 physiologische Trockenheit).

Abschnitt nur diejenigen Erkrankungen ausgewählt, die nachweislich eben nur durch Stickstoffüberdüngung verursacht werden. Über das physiologische Gleichgewicht der Salze vgl. Mc Cool[1]). Hier kommt die Düngungsfrage in erster Linie in Betracht; vor allem handelt es sich um die Störungen, welche durch einseitige Steigerung der Stickstoff- und Kalizufuhr hervorgerufen werden.

Daß der Boden durch überreiche Zufuhr von löslichen Düngesalzen auch physikalisch schädlich beeinflußt wird, haben wir schon erwähnt. Wenn auch die Salze den Boden feuchter halten, solange atmosphärische Niederschläge ausreichend vorhanden sind, so bilden sie doch eine stete Gefahr für die Pflanzen zu Zeiten der Trockenheit, weil leicht eine zu hoch konzentrierte Bodenlösung entstehen kann, welche den Übertritt des Wassers in die Pflanzenwurzel erschwert[2]). Der Einfluß auf die Pflanzenentwicklung kann nicht ausbleiben. Einen Einblick gewährt die Arbeit von Gerneck[3]), der bei *Triticum* beobachtete, daß bei Zufuhr von $Ca(NO^3)_2$ eine reichere Wurzelhaarbildung eintrat als bei KNO^3. Bei der Ernährung mit Nitraten fand die Halm- und Ährenbildung spät, dagegen mit Chloriden und Phosphaten früh statt; bei letzteren erschienen die Wurzelzellen stärker verdickt als bei ersteren, bei denen auch die Epidermiszellen und das Blattsclerenchym am wenigsten verholzt waren.

Spinks[4]) fand, daß einseitige Stickstoffdüngung den Weizen empfindlich gegen Pilze machte, wie auch Nitrate von Zink und Blei; Kalium- und Lithium-Salze wirkten dem entgegen.

Otto[5]) fand bei seinen Versuchen mit doppelter Stickstoffdüngung sehr verschiedene Resultate. Salat gab die höchsten Erträge damit, sobald aber viel Wasser zugesetzt wurde, wurde das Wachstum ungünstig beeinflußt. Kohlrabi lieferte bei einfacher normaler Düngung die besten Erträge, ungedüngte und mit doppeltem Stickstoff beschickte Pflanzen waren ungefähr gleich, die letzteren mit viel Wasser blieben zurück. Dasselbe Resultat des Rückganges bei starker Wassergabe zeigte sich bei einseitiger Kali- oder Phosphorsäuredüngung.

Bei dem Gebrauch von Chilisalpeter sind vielfach unangenehme Nebenwirkungen und Nachwirkungen beobachtet worden. Die Ursache wurde zum Teil in dem Vorhandensein von Kaliumperchlorat gefunden. Die zahlreichen Kulturversuche stellten fest, daß namentlich Getreide sich empfindlich erweist und bei 2% Perchlorat schon auffällige Schädigungen erkennen läßt, während Luzerne, Erbsen und Senf diese Konzentration noch vertragen können. Bei Roggen wurde sogar noch ein Verkümmern der Pflanzen beobachtet, wenn derselbe als Nachfrucht

[1]) Mc Cool, M. M., The action of certain nutrient and non nutrient bases on plant growth. Cornell Unic. Agric. Exp. Stat.; Mem. Nr. 2, 1913, S. 121—216.

[2]) Wollny, L., Untersuchungen über den Einfluß der Salze auf die Bodenfeuchtigkeit. Vierteljahrsschr. d. Bayer. Landwirtschaftsrates 1899. Ergänzungsheft S. 437.

[3]) Gerneck, R., Über die Bedeutung anorganischer Salze für die Entwicklung und den Bau der höheren Pflanzen. Göttinger Dissertation. Vgl. Just, Bot. Jahresber. 1902, S. 301.

[4]) Spinks, G. T., Umstände, welche die Empfänglichkeit von Pflanzen für Krankheiten beeinflussen. The Journ. of Agric. Science V (1913) vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1914, S. 417.

[5]) Otto, R., Versuche über Beeinflussung der Kopf- und Knollenausbildung bei Gemüsearten. Gartenflora LVII, S. 128 (1908).

gebaut wurde[1]). Hackfrüchte, Zuckerrüben wurden durch 2% Perchlorat auf 200—500 kg Salpeter pro Hektar nicht geschädigt[2]). Jungner und Gerlach[3]) beschreiben die Formveränderungen bei Weizen- und Roggenkeimpflanzen folgendermaßen. Das Primordialblatt bleibt längere Zeit teilweise zusammengerollt und hält das zweite Blatt zunächst so fest umschlossen, daß dasselbe nur schwer mit seiner Spitze sich lösen kann und infolgedessen eine Öse oder Schleife bildet, wobei es querfaltig wird und sich um seine eigene Achse rollt, schließlich wohl auch zerreißt. Gleichzeitig erfolgen ein Vergilben der Blattspitzen und bedeutendes Nachlassen der Streckung der ganzen Pflanze. Je nach der Menge des vorhandenen Perchlorats wird sogar schon eine Verzögerung der Keimung eintreten können; bei schwachen Dosen ist dieselbe nicht beobachtet worden. Die Schleifenbildung der Blätter durch Steckenbleiben der Spitzen in der Scheide des nächstälteren scheint ein beachtenswertes Merkmal des Getreides bei Perchloratvergiftung zu sein. Charakteristisch ist es jedoch nicht, da ähnliche Erscheinungen bei *Tylenchus devastatrix* auftreten[4]).

Krüger und Wimmer[5]) beobachteten Dörrfleckenkrankheit als Folge alkalischer Reaktion des Bodens, besonders bei reichlicher Chilisalpeterdüngung. Vgl. indessen S. 434 (Literatur).

Dafert und Halla[6]) beschreiben einen Fall von Auftreten von freiem Jod im Chilisalpeter, der dadurch einen Geruch nach Jodoform erhielt. Der Salpeter enthielt 0,31% $KClO^4$ und 0,04% KJO^3. Die Gefahr für die Praxis ist aber in solchen Fällen gering, da man die Säcke mit Chilisalpeter nur längere Zeit zu lüften braucht, damit das Jod verdampfen kann. Daß die Jodide von Mangan, Kalium, Natrium und Lithium schädlich wirken, während die Oxyde sich als günstig erweisen, hat u. a. Voelker[7]) gezeigt. — Anknüpfend an seine früheren Versuche, aus denen die Schädlichkeit größerer Mengen von Jod- und Bromnatrium und Chlorlithium, dagegen eine Förderung der Keimung bei Befeuchtung der Samen mit schwächeren Lösungen hervorgeht, schließt Mazé[8]), daß die Zelle zur vollen Entfaltung ihrer Funktionen der Anregungen durch solche Salze bedarf. Ähnliche Erfahrungen über Schädigungen durch stärkere und Förderung des Wachstums durch sehr schwache Konzentrationen von Fluornatrium haben Aso[9])

[1]) Ullmann, Martin, In welchem Grade ist Kaliumperchlorat ein Pflanzengift? Die Regelung des Verkehrs mit Chilisalpeter. Meffe 1901. Vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1903, Heft 7. — Riehm, E., Nichtparasitäre Haferkrankheiten. Perchloratvergiftung. Deutsche Landwirtsch. Presse XLIV (1917), S. 62.

[2]) Stoklasa, Beiträge zur Kenntnis des schädlichen Einflusses des Chilisalpeters auf die Vegetation. Z. f. d. landwirtsch. Versuchswesen in Österreich 1900, S. 35.

[3]) Jungner und Gerlach, Versuche mit Kaliumperchlorat. Jahresber. d. landw. Versuchsstation in Jersitz bei Posen 1897/98, S. 29.

[4]) Krüger, Fr. und Berju, G., Ein Beitrag zur Giftwirkung des Chilisalpeters. Zentralblatt f. Bakt. II, 1898, Bd. IV, S. 674.

[5]) Krüger und Wimmer, Zeitschr. Ver. Deutsch. Zuckerindustrie LXIV (1914), S. 707—757.

[6]) Dafert, F. W., und Halla, Ad., Über das Auftreten von freiem Jod im Chilisalpeter. Z. f. landw. Versuchswesen in Österreich 1901.

[7]) Voelker, A., Über den Einfluß von Mangansalzen sowie von Jodiden und Oxyden von Mangan, Kali, Natrium und Lithium auf Gerste und Weizen. Journ. Royal. Agric. Soc. of England, vol. 64 u. 65; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1902, S. 715.

[8]) Mazé, Einfluß der in den Pflanzen in geringer Menge enthaltenen Mineralstoffe auf das Pflanzenwachstum. Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchemie 1902, S. 686.

[9]) Aso, Bull. Coll. Agric. Tokyo V, Nr. 2 (1902); vgl. Bot. Jahresber. 1902, 2, S. 353

und betreffs des Jodkaliums Suzuki[1]) gemacht und sind auch anderweitig mehrfach beobachtet worden. Ebenso meldet Miani[2]) für Kupferlösungen fördernde Wirkungen.

Gassner[3]) berichtet, daß an gewissen Samen Stickstoffverbindungen, ähnlich wie Licht, keimungsauslösend wirken.

Überdüngte Rüben.

Bei der bekannten Intensität des Rübenbaues ist die Erfahrung allgemein geworden, daß gesteigerte Stickstoffzufuhr zwar die Erntesubstanz bedeutend erhöht, aber den Zuckergehalt herabdrückt. Wir begnügen uns deshalb mit einem Hinweis, daß es auch keineswegs gleichgültig ist, in welcher Form der Stickstoff gegeben wird. Pagnoul[4]) analysierte drei Rüben, von denen die erste (H) mit einer Lösung von Natronsalpeter, die zweite (J) mit schwefelsaurem Ammon mehrmals begossen wurde, während die dritte (K) eine gleichzeitig geerntete, normale Rübe darstellte. Es betrug

	H	J	K
das Erntegewicht	4145 g	2670 g	785 g
Saftdichtigkeit	1,026	1,040	1,046
Zuckerprozent der Rübensubstanz	3,9	6,3	8,3
Kohlensäure und Chloralkalien auf 100 Teile Rübensubstanz	1,991	0,924	0,814
es kommen davon auf 100 Zucker	28,0	14,6	9,8

Man sieht, daß die Erntequantität an Frischsubstanz durch die Stickstoffdüngung um 3,5—5,0mal so hoch geworden als bei normaler Kultur, aber der Zuckergehalt auf die Hälfte gesunken ist. Besonders interessant ist der Vergleich der Wirkung des Salpeterstickstoffs mit dem Ammoniakstickstoff; daß letzterer einen bedeutend größeren Ammoniakgehalt in der Rübensubstanz veranlaßt, ist bereits erwähnt worden.

Spätere Versuche von Müller-Thurgau[5]) ergaben, daß die Stickstoffpflanzen eine erhöhte Atmung haben, was wohl die Folge einer erhöhten Umwandlung von Rohrzucker in direkt reduzierenden sein dürfte. Es enthielten je 6 Rüben im Durchschnitt

	direkt reduzierenden Zucker	Rohrzucker
die stickstoffreichen	0,34 %	8,27 %,
die stickstoffärmeren	0,04 %	14,39 %.

Eine Vorstellung über die Vorgänge, die sich bei überreichen Stickstoffgaben einleiten, erhalten wir durch die Angaben von Pfeiffer-Wendessen[6]), welcher der Ansicht ist, daß allerdings der Stickstoff zu Eiweiß umgearbeitet werde, daß dasselbe aber in Verbindung mit Kalk in Asparagin, Glutamin und entsprechende organische Säuren zersetzt

---

[1]) Suzuki, S., Ebendort. Vgl. diese und vorige Arbeit auch Bot. Centralbl. XC, S. 340, 343.

[2]) Miani, D., Über Einwirkung von Kupfersulfat auf das Wachstum lebender Pflanzenzellen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1901, Heft 7.

[3]) Gassner, G., Über die Keimung auslösende Wirkung der Stickstoffsalze auf lichtempfindliche Samen. Jahrb. wiss. Bot. XXXIII (1915), S. 259—342.

[4]) Annales agronomiques 1876, S. 321.

[5]) Siehe „Überdüngte Kartoffeln". S. 428.

[6]) Bericht über die Generalversammlung d. landwirtschaftl. Centralver. f. d. Herzogtum Braunschweig. Blätter f. Zuckerrübenbau 1896, Nr. 8.

wird, und daß diese mit Kalk lösliche Salze bilden, die sich in der Melasse wiederfinden. Schultze bezeichnet auch die nicht vollständig verarbeiteten intermediären Stickstoffverbindungen als wesentliche Melassebildner, welche die Kristallisation des Zuckers beeinträchtigen. Wie bei der Fabrikation, dürften auch in der Pflanze selbst die genannten Verbindungen das Niederschlagen des Zuckers verhindern, so daß sich dadurch der Zustand der Unreife und Zuckerarmut der überdüngten Rüben erklären ließe. Außer der Verzögerung der Reife kommt noch die geringe Haltbarkeit der Rüben in den Mieten in Betracht. Phosphorsäure wirkt qualitätsverbessernd; der Saft von Rüben, die sogar mit Phosphorsäure überdüngt waren und schlecht polarisierten, zeigte aber doch die wenigsten die Kristallisation des Zuckers verhindernden Bestandteile.

Strohmer und Fallada[1]) fanden, daß durch einseitig gesteigerte Stickstoffzufuhr das Frisch- und Trockengewicht der Blätter stärker gesteigert wird als das der Wurzeln (vgl. das gegenteilige Verhalten bei Stickstoffmangel [S. 305ff]); der prozentuale Zuckergehalt wird gleichzeitig herabgesetzt.

Über die Kopfdüngung mit Chilisalpeter stehen gute und schlechte Versuchsresultate einander gegenüber. Diese Erfahrung machen wir fast bei allen Versuchen. Das Resultat hängt eben außer vom Düngerquantum auch von der Form der Verarbeitung durch die Pflanze ab, und dieser Arbeitsmodus ist je nach Varietät, Bodendichtigkeit, Bearbeitung, Lage und Wetter sehr verschieden. Immerhin muß betreffs der Kopfdüngung auf die Bemerkung von Kuntze-Delitsch[2]) hingewiesen werden, daß der Boden leicht verkrustet und junge Rüben aus Sauerstoffmangel dann stellenweise ganz absterben, ältere aber sich schlechter entwickeln. Jedenfalls sollte nach Ausstreuen von Chilisalpeter unmittelbar die Hacke folgen[3]).

Auch die Frage der Stickstoffdüngung der Samenrüben erhält widersprechende Beantwortung. Während einerseits behauptet wird, daß die Qualität der Nachkommen leide, widerspricht Wilfarth[4]) auf Grund seiner Versuche dieser Ansicht.

Im Anschluß an die Wirkungen der Stickstoffdünger sei dann noch ein vielumstrittenes Mittel erwähnt, nämlich der Kalkstickstoff. Das zunächst zur Herstellung eines sehr hellen Leuchtgases, des Acetylens, verwendete, aus der gegenseitigen Einwirkung von Kalk und Kohle im elektrischen Ofen gewonnene Calciumkarbid wird in hermetisch verschlossenen, eisernen Muffeln bei intensiver Hitze der Einwirkung von Stickstoff ausgesetzt und liefert dann den Kalkstickstoff als ein verunreinigtes Calciumcyanamid mit etwa 20—24 % N. Dieser Kalkstickstoff oder das Calciumcyanamid hat die Eigenschaft, durch Erhitzen mit Wasser unter Druck seinen ganzen Stickstoff in Gestalt von Ammoniak abzugeben. Durch Einleiten des Ammoniaks in Schwefelsäure ist die Möglichkeit gegeben, den wertvollen Dungstoff, das schwefelsaure Ammoniak, herzu-

---

[1]) Strohmer, F., und Fallada, O., Einfluß starker Stickstoffdüngung auf die Beschaffenheit der Zuckerrübe. Österr.-Ung. Zeitschr. f. Zuckerind. u. Landw. VI (1909).

[2]) Blätt. f. Zuckerrübenbau 1896, Nr. 6. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1896, S. 310.

[3]) Auf die Perchloratwirkung bei Chilisalpeterverwendung ist bereits S. 423 gesprochen worden.

[4]) Wilfarth, H., Wirkt eine Stickstoffdüngung der Samenrüben schädlich usw.? Zeitschrift d. Ver. Deutsch. Zuckerindustrie. L, Heft 528, S. 59.

stellen. Der „Kalkstickstoff" ($CaCN^2$) enthält ungefähr 20—21% Stickstoff, 40—42% Calcium und 17—18% Kohlenstoff neben Verunreinigungen von Kieselsäure, Ton, Spuren von Phosphorsäure usw. Durch Entfernen des Kalkes entstehen Cyanamid (CN, NH^2) und das homologe Dicyandiamid [$C^1N^2(NH^2)^2$].

Der in dem stark alkalisch reagierenden Kalkstickstoff vorhandene Kalk existiert teils in gebundener Form als Calciumcyanamid, teils ist er frei. Aus diesem Grunde darf er nicht mit Superphosphat zusammengebracht werden, da die Phosphorsäure dadurch unlöslich gemacht würde. Die Vorschriften für den Gebrauch sind etwa folgende[1]): Das pro Hektar anzuwendende Quantum beträgt je nach der Beschaffenheit des Ackers 150—300 kg, entsprechend 30—60 kg Stickstoff. Zur Vermeidung des Staubens vermischt man den Kalkstickstoff mit der doppelten Menge trockener Erde. Das Ausstreuen soll 8—14 Tage vor der Aussaat erfolgen, und dieser Dungstoff muß sogleich 3—5 Zoll in den Boden gebracht werden, damit derselbe das durch die Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit frei werdende Ammoniak aufnehmen und nitrifizieren kann.

Die Ammoniakentwicklung aus dem Kalkstickstoff geht durch Bakterienarbeit vor sich[2]).

Die in Vegetationsgefäßen ausgeführten Düngungsversuche haben die Möglichkeit gezeigt, dieselbe Düngewirkung durch Kalkstickstoff wie durch Salpeterstickstoff und durch Ammoniakstickstoff zu erzielen; bei den bisherigen Feldversuchen hat der Kalkstickstoff etwa 74% der Wirkung des Salpeterstickstoffs entwickelt[3]).

Die herbsten Schädigungen erleidet der Landwirt, wenn er bald nach dem Ausstreuen des Kalkstickstoffs die Aussaat vornimmt; von Getreide pflegen dann nur meist diejenigen Körner aufzugehen, die an der Wegkante der Felder liegen. Ist dieser erste Stoß überwunden, pflegt sich bald die reiche Ammoniakzufuhr durch besonders dunkles Grün der Pflanzen kenntlich zu machen. Die Schädigung besteht in einer Austrocknung des Blattparenchyms und kümmerlicher Wurzelentwicklung[4]).

So wenig man den Kalkstickstoff direkt vor der Aussaat geben darf, so wenig bewährt er sich oft als Kopfdüngung[5]). Ungünstig wirkt dieser Körper auch auf gewisse Böden, selbst wenn er vorschriftsmäßig untergebracht wird. Remy[6]) fand die günstigste Wirkung auf tonreichen Böden; auf Sandböden dagegen ist seine Wirkungsgeschwindigkeit erheblich geringer und die direkt schädliche Beeinflussung der Keimung viel anhaltender. Er sah erst drei Monate nach der Düngung die schädliche Wirkung auf Sandböden ganz verschwinden. Alle Böden, welche zur

---

[1]) Brahm, Der Kalkstickstoff und seine Verwendung in Gartenbau und Landwirtschaft. Gartenflora, Berlin 1906, Heft 10.

[2]) Löhnis, F., Über die Zersetzung des Kalkstickstoffs. Centralbl. f. Bakt. 1905, II, Bd. XIV, S. 87. — Behrens, J., Versuche mit Kalkstickstoff. Bericht der Großherzogl. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg 1904, Karlsruhe 1905, S. 36.

[3]) Gerlach und Wagner, P., Gewinnung und landwirtschaftliche Verwendung des Salpeterstickstoffs. Verhandl. d. Winterversammlung 1904 d. Deutschen Landwirtsch. Ges. Jahrb. d. D. L.-G. XIX, S. 33—39.

[4]) Perotti, R., Über die Verwendung des Calciumcyanamids zur Düngung. Staz. sper. agrar. Ital. 1904, XXXVII; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1905, S. 814.

[5]) Vgl. auch E. Heine, Bericht der Kgl. Gärtnerlehranstalt Dahlem 1916—17, der nach seinen Versuchen auch bei Kopfdüngung große Vorsicht empfiehlt und wenig einheitliche Resultate erzielte.

[6]) Blätter f. Zuckerrübenbau, 31. Mai 1906.

Säurebildung neigen, beeinträchtigen die normale Bildung von Ammoniak. Tacke hat nachgewiesen, daß auf saurem Moorboden die Umwandlung in Ammoniak derartig gehindert wird, daß dort eine Kalkstickstoffdüngung unterbleiben muß. Andererseits kann bei viel Kalk im Boden die Ammoniakbildung so schnell vor sich gehen, daß namhafte Verluste durch Ammoniakverdunstung entstehen. Auf Hochmoorboden zeigen sich Giftwirkungen, die nach Gerlach darauf zurückzuführen sein dürften, daß bei der Zersetzung des Calciumcyanamids unter Abspaltung von Kalk binnen wenigen Tagen größere Mengen des giftigen Dicyandiamids entstehen.

Die solche Nachteile umgehende Überführung des Ammoniaks in schwefelsaures Ammon verbietet sich aus wirtschaftlichen Gründen, da der Stickstoff dadurch zu teuer würde.

Zu dem „Kalkstickstoff" ist im letzten Jahrzehnt noch eine Anzahl anderer Stickstoffverbindungen getreten, die aber meist nur eine geringe Bedeutung gewonnen haben, und über deren Wirkung meist die Meinungen noch sehr geteilt sind. Zu erwähnen wäre noch der „Stickstoffkalk", der frei von Cyanverbindungen ist, und der 22 % Stickstoff, 19 % Kohlenstoff, 6 % gebundenes Chlor und 45 % Calcium enthält. Die Vegetationsversuche von Böttcher[1]) haben ergeben, daß hierbei aber dieselben Vorsichtsmaßregeln geboten sind wie bei dem Kalkstickstoff. Er darf auch nicht kurz vor der Aussaat und nicht als Kopfdüngung gegeben werden, weil er dann schädigt[2]).

Betreffs des Ammoniakstickstoffs möchten wir nicht vergessen, darauf aufmerksam zu machen, daß auch dieser unter Verhältnissen, in denen die nitrifizierenden Bakterien nicht genügend arbeiten, schädlich werden kann. Für schwere Böden, die mehr Wasser halten, also das Ammoniak reichlicher in Lösung bringen, liegt keine Gefahr vor, aber bei Sandböden kann die behinderte Löslichkeit zu direkten Ätzerscheinungen führen[3]).

Überdüngte Kartoffeln.

Die Folgen überreicher Stickstoffzufuhr bei den Kartoffeln sind mit den bei den Rüben gefundenen gleichsinnig. Die Resultate, welche Müller-Thurgau[4]) erhalten, lassen sich für beide Feldfrüchte dahin zusammenfassen, daß bei reichlicher Stickstoffnahrung eine stärkere Entwicklung der Blattflächen und ein größerer Chlorophyllgehalt sich einstellen. Damit verbunden aber ist eine Erschwerung der Stärkebildung und schnellere Auflösung derselben in den Blättern sowie verminderte Speicherung in den Reservestoffbehältern. Die Organe zeigen größeren Glykosegehalt, raschere Lösung der Reservestoffe, ausgiebigeren Umsatz der Stickstoffverbindungen erhöhte Atmung und gesteigertes Wachstum.

Mit dem geringeren Vorrat an Reservestoffen und der schnelleren Veratmung derselben wird auch die geringere Haltbarkeit der Knollen in den Mieten zusammenhängen. Aber der Stickstoffüberschuß wirkt direkt auch fäulnisfördernd, während phosphorsaurer Kalk das Gegenteil hervorruft. Sorauer legte von drei möglichst verschiedenen Sorten in ab-

---

[1]) Deutsche landw. Presse 1906, Nr. 34.

[2]) Blätter für Zuckerrübenbau 1906, Nr. 10.

[3]) Mazö, Untersuchungen über die Einwirkungen des Salpeterstickstoffs und des Ammoniakstickstoffs auf die Entwicklung des Maises. Annal. agron. XXVI; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1901, S. 588.

[4]) Müller-Thurgau, Dritter Jahresbericht des pflanzenphysiol. Laboratoriums d. Versuchsstat. Wädensweil. Zürich 1894, S. 52.

wechselnden Reihen Knollenstücke gesunder Exemplare und solcher Knollen, die an der schwarzen Trockenfäule[1]) litten, in sandigen Acker. Derselbe wurde in zwei ganz gleich bestellte Hälften geteilt, von denen die eine in sämtlichen Reihen starke Gaben von Chilisalpeter, die andere von Thomasmehl erhielt. Bei dem gesunden Saatgut machte sich in der Chilihälfte ein lückenhaftes Aufgehen der Knollen bemerkbar; von dem kranken Saatgut war fast alles verfault. Ganz scharf abgeschnitten zeigte sich aber, daß genau dasselbe kranke Saatgut in dem Augenblicke, wo es in die Thomasmehlparzelle eintrat, einen ganz gleichmäßigen Bestand an gesunden Stauden geliefert hatte.

Gesundes wie krankes Saatgut sämtlicher Sorten hatte in der letztgenannten Parzelle kürzere Stauden mit hellerem Laube und früherer Reife entwickelt, und die Ernte war nahezu doppelt so groß wie bei der Chilisalpeter-Parzelle[2]).

Hierher zu rechnen dürfte auch die Erscheinung sein, welche in den praktischen Kreisen als Eisenfleckigkeit oder Buntwerden der Kartoffeln bekannt ist. Äußerlich normal aussehende Knollen zeigen auf dem frischen Querschnitt braune oder braungraue Gewebestellen. Dabei kann das übrige Fleisch vollkommen gesund sein und weiß bleiben oder aber auch schnell an der Luft eine rostrote Färbung annehmen. Die ursprünglich schon verfärbten Stellen zeigen braune, abgestorbene Zellwände und vielfach noch Stärke. Manchmal, und zwar dann, wenn die Schnittfläche nachträglich sich an der Luft rötet, kann man an den Krankheitsherden nur noch Spuren von Stärke, dafür aber Zucker nachweisen. Die Eisenfleckigkeit ist in nassen Jahren besonders beobachtet worden, mit ihr vergesellschaftet öfter eine gelbe bis braune Verfärbung des Gefäßbündelringes.

Während einzelne Beobachter glauben, die Eisenfleckigkeit auf einen Reichtum des Bodens an sauren Eisenverbindungen zurückführen zu müssen, sind andere geneigt, der Nässe die Schuld beizumessen. Nun liegen aber mehrfach Erfahrungen vor, daß starke Stallmistdüngung bestimmte Sorten eisenfleckig gemacht hat, die in demselben Jahre bei Mineraldüngung gesund geblieben sind[3]). Auch begegnet man den bei dem Zerschneiden sich rötenden Knollen gerade dort am häufigsten, wo reiche Stickstoffdüngung zur Anwendung kommt. Infolgedessen ist man berechtigt, im Buntwerden des Fleisches Anzeichen einer Überdüngung zu erblicken. Eisenfleckige Knollen sollen übrigens in der Regel im nächsten Jahre gesunde Pflanzen geben. was aber nach Brandi[4]) nicht feststeht. Über umfangreiche Versuche mit der Wirkung der Überdüngung auf dem Versuchsgut Nederling bei München berichten neuerdings Hiltner und Lang[5]) mit der Sorte „Woltmann". Hiltner kommt zu dem Resultat, daß der „Abbau" im wesentlichen durch die zunehmende Anreicherung nichtverarbeiteter mineralischer Nährstoffe veranlaßt wird. Die Gefahr kann durch Stallmist- oder Gründüngung vermindert werden.

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IV/1894, S. 126, und V 1895, S. 98.

[2]) Ztschr. d. Landwirtschaftskammer f. d. Prov. Schlesien 1899.

[3]) Siehe Jahresberichte des Sonderausschusses für Pflanzenschutz, herausgegeben v. d. Deutsch. Landw.-Ges.

[4]) Brandi, W., Die Eisenfleckigkeit der Kartoffeln. Schweiz. ldw. Ztschr. 1919, S. 173f.

[5]) Hiltner, L. und Lang, H., Über den Einfluß von Überdüngungen auf den Ertrag und den Abbau der Kartoffeln. Landwirtsch. Jahrb. für Bayern, 1921, Heft 4, 5; vgl. Ref. von Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII, S. 221 (1922).

Daß mit Stallmist überdüngte Kartoffeln Knollen lieferten, die nachher sämtlich der Bakteriose zum Opfer fielen, ist bereits erwähnt (vgl. S. 343). — Über eine Innenspaltung von Kartoffeln als Folge starker Chilisalpeterdüngung, die stärkearme Zellen hervorbrachte, berichtet H. Zimmermann[1]).

Chilisalpeter bei Holzgewächsen.

Ein Versuch von Janorschke[2]) kennzeichnet die Erscheinungen für den Fall, daß die Stickstoffzufuhr ohne Beigabe von Kalk und Phosphorsäure erfolgt. Buntblätterige Gehölze wurden für 1—2 Jahre grüner. Bei Zwergobst trieben die Zweige fast ohne Unterbrechung bis August und noch länger, wodurch der Ansatz der Blütenknospen verhindert wurde. Übrigens sei darauf aufmerksam gemacht, daß die Wirkung bei den Bäumen sich erst in dem der Düngung folgenden Jahre bemerkbar macht, aber dann auch bis zum dritten Jahre nachwirkt. Nach Versuchen, bei denen Latrinendünger gegeben war, möchte Sorauer eine erhöhte Neigung der Früchte zur Fäulnis, namentlich einer vom Kernhause ausgehenden, sowie eine größere Frostempfindlichkeit als Folgen einseitiger Stickstoffüberdüngung bezeichnen. Phosphorsaurer Kalk arbeitet diesem Übel entgegen. Versuche mit Äpfelbäumen, die reiche Salpeterdüngung erhalten hatten, zeigten, daß die gedüngten Bäume stärker von der Blutlaus zu leiden hatten wie andere Exemplare[3]).

Bei den Orangenkulturen neigen die gedüngten Bäume zur Gummosis, und die als „Die-back" bezeichnete Krankheit in Florida wird direkt auf Überfütterung mit organischen Stickstoffverbindungen zurückgeführt. Auch sollen derartige Orangenbäume mehr den Insektenangriffen ausgesetzt sein[4]).

Stickstoffüberschuß bei Zierpflanzen.

Hier liegen äußerst zahlreiche Fälle vor. Neben Fäkaldünger und Chilisalpeter oder schwefelsaurem Ammoniak kommen, besonders bei den gärtnerischen Kulturen, die Hornspäne in Betracht. Wir können natürlich nur einzelne Beispiele anführen. Von einer Reihe Pflanzen der *Begonia semperflorens* gab Sorauer einigen schwefelsaures Ammoniak im Überschuß. Vier Tage nach der Düngung wurden die jungen Triebe an ihrer Basis mißfarbig und begannen sich schlaff umzulegen. Die Blattränder fingen an, schmutzig grüne, später braun werdende und vertrocknende Stellen zu bekommen, die durch eine dunkler scheinende Übergangszone mit dem gesunden mittleren Blattgewebe verbunden waren. In der Sonne trat schnelleres Welken ein. Mark und Rinde erwiesen sich mit Kalkoxalatdrusen durchsetzt, deren Einzelkristalle nicht so scharfkantig wie bei den gesunden Exemplaren, sondern mehr knollig abgerundet waren. In den erkrankten Geweben fehlte die Stärke, und die Chlorophyllkörper wurden zu kleinen eckigen Körnchen reduziert. Gefäße häufig mit braunem, körnigem Inhalt gefüllt. Wandungen des gesamten Gewebes braun. Inhalt der Blattepidermiszellen braunkörnig. Vor dem Zerfall der Chlorophyllkörner zeigten sich im Inhalt der Mesophyllzellen oftmals braune Tropfen.

---

[1]) Zimmermann, H., Innenspaltung von Kartoffelknollen. Zeitschr. Pflanzenkrankh. XXVI (1916), S. 280—85 mit Abb.

[2]) Zeitschr. d. Landwirtschaftskammer f. Schlesien 1898, Nr. 34.

[3]) Fünfter Jahresber. d. Großherzogl. Obstbauschule zu Friedberg i. d. W.

[4]) Webber, H., Fertilization of the soil etc. Yearbook U. S. Depart. Agric. for 1894. Washington 1895, S. 193.

Bei Begonien sowohl wie bei *Pelargonium zonale*, dessen Blätter sich ebenso verfärbten und leicht nach dem Vertrocknen abfielen, fand Sorauer in der Achse der erkrankten Pflanzen im Mark und der Jungrinde auffällig viel Kristalle von Kalkoxalat. Die Stengel der kranken Pelargonien zeigten durchgängig spärlichere und kleinere Stärkekörner; sie fehlten im Rindenparenchym fast ganz, während die nicht überdüngten Pflanzen dieselben sehr reichlich besaßen.

Es kommt also hier die gleiche Erscheinung wie bei Kartoffeln und Rüben zum Ausdruck, nämlich die Armut an festen Kohlenhydraten.

Bei eben bewurzelten Pelargoniumstecklingen verursachte eine Chilisalpetergabe, die an und für sich klein war, aber durch ihre häufige Wiederholung verhängnisvoll wurde, zunächst ein äußerst üppiges Blattwachstum; dann aber senkten sich die Blätter abwärts, und an der Achse entstanden, stets dicht über dem Blattansatz, braune Faulstellen, die in kurzer Zeit den ganzen Stengel umfaßten. Darauf fielen die Blätter, und die ganze oberirdische Achse starb bis auf einen kurzen Basalstumpf ab. Aus diesem begannen neue kümmerliche Triebe hervorzubrechen. — Wir haben dieses Beispiel angeführt, um darauf hinzuweisen, daß die Wirkung der Überdüngung, obgleich dieselbe vom Boden ausgeht, sich nicht an der Basis der Achsen zuerst bemerkbar macht, sondern an den peripherischen Teilen, den Blättern.

Bei vergleichenden Kulturen mit Fuchsienstecklingen[1]) ergab eine fortgesetzte Düngung mit schwachen Gaben von schwefelsaurem Ammoniak eine merkliche Wachstumssteigerung und wesentliche Vergrößerung der Blätter; aber dieselben besaßen Epidermiszellen mit dünnerer Wandung, und der Holzring der Zweige war schwächer ausgebildet. Stärkegehalt geringer, Chlorophyllgehalt größer, Vegetationszeit verlängert. Nachdem die Fuchsien durch Überführung in ein Glashaus vor den Herbstfrösten geschützt worden waren und Zeit gehabt hatten, ihre Entwicklung normal abzuschließen, verschwanden die Unterschiede gegenüber den ungedüngten Pflanzen, und die gedüngten hatten nunmehr den Vorteil der größeren Produktion für sich. Hier haben wir einen Erfolg, wie ihn die Landwirte namentlich bei den Futterrübenkulturen wahrnehmen. Die Wirkung der starken Stickstoffgaben macht sich in einer Verzögerung des Reifevorganges bemerkbar. Finden unsere Kulturen noch vor Eintritt der Frostperiode Zeit genug, ihren Entwicklungsgang abzuschließen, so daß die Blätter sich normal ausleben können, dann haben wir den gewünschten Vorteil von der Düngung durch Erzielung größerer Substanzmengen mit normalem Reservestoffvorrat. Aber in der Regel verbieten die klimatischen Verhältnisse den Abschluß der Vegetation, und die Organe gelangen in unreifem Zustande in den Winter.

Der Nachteil, den das Einbringen ungenügend ausgereifter Organe in die Winterquartiere hat, ist bei den landwirtschaftlichen Ernteprodukten bereits hervorgehoben worden: sie besitzen größere Neigung zur Fäulnis.

Dasselbe Resultat zeigte ein vergleichender Düngungsversuch bei *Erica*. Rotblühende Arten entwickelten in den Versuchsreihen mit einseitiger Stickstoffdüngung weniger lebhaft rote, fast blaurote Blüten; ihr Habitus war schlaffer und der Blütenansatz spärlicher. Die gedüngten Exemplare litten im Winter so stark von *Botrytis cinerea*, daß sie meist

[1]) Sorauer, P., Einfluß einseitiger Stickstoffdüngung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten VII 1897, S. 287.

zugrunde gingen, während die dicht gedüngten Pflanzen derselben Sorten an demselben Standort schadlos durch den Winter kamen. Ein anderer Versuch, der den Einfluß hochkonzentrierter Lösung der gesamten Nährstoffe dartun sollte, wurde von Bluth[1]) ausgeführt. Die im zweiten Kulturjahr befindlichen Eriken erhielten in fortgesetzten Gaben Wagnersches Nährsalz in 1‰iger Lösung. Nach 10—12 Tagen trat dunklere Laubfärbung und stärkeres Wachstum ein; aber jetzt schon zeigten diese Pflanzen eine größere Empfindlichkeit gegen Sonnenwirkung und Trockenheit im Vergleich zu den vielen hundert ungedüngten Exemplaren derselben Sorte. Gewisse weiche Sorten (*Erica hiemalis, congesta* usw.) entwickelten ihre neuen Seitentriebe schlaffer und mannigfach verbogen. Hartnadelige Arten (*E. blanda, mediterranea, verticillata, mammosa*) behielten zwar ihren aufrechten Habitus, aber der Knospenansatz war auffallend gering oder blieb ganz aus, während die Zweige weiter wuchsen. Auch hier starben die gedüngten Pflanzen während der Winterzeit durch *Botrytis* größtenteils ab. Bei anderweitig mit Hornspänen durchgeführten Düngungsversuchen konnte ebenfalls eine üppige Laubentwicklung auf Kosten des Blütenansatzes der Eriken festgestellt werden; aber es zeigte sich keine größere Hinfälligkeit der gedüngten Pflanzen während des Winters.

Nach den mehrfach gemachten Erfahrungen will Sorauer auch die sich häufenden Klagen über „Versagen der Maiblumen" bei der Treiberei auf Stickstoffüberdüngung zurückführen. Bei der zweijährigen Anzucht der Pflanzen auf dem Felde wird jetzt vielfach Chilisalpeter oder schwefelsaures Ammoniak angewendet.

Die Pflanzen wachsen üppiger und bestechen durch ihre sehr starken (meist blauspitzigen) „Keime" (Knospenkegel) den Käufer; aber die Blütenstände sind in der Anlage schwach. Solche Pflanzen lassen sich schwerer treiben und geben häufig Blütentrauben, bei denen einzelne Glocken nicht zur Ausbildung kommen. Vergleichende Versuche von Koopmann[2]) lieferten sehr interessante Unterschiede bei der Treiberei. Bei Anzucht der Pflanzen mit Kainitdüngung entwickelten sich zuerst die Blütentrauben, und die Blätter folgten sehr langsam; dagegen war durch Ammoniakdüngung die Blattvegetation so üppig, daß die Blütentrauben ganz im Laub versteckt saßen. Im allgemeinen wird man für Maiblumen eine Kalidüngung empfehlen dürfen.

Eine weitere schädliche Wirkung konnte bei Rosen festgestellt werden. Es liegen Beobachtungen vor, daß Teerosen, darunter *Maréchal Niel* und *Nyphetos,* in den Glashäusern nach starker Düngung ihre Knospen abwarfen oder an der Übergangsstelle des Kelchbechers in den Blütenstiel abfaulen ließen (vgl. S. 269). Ein Verpflanzen von eingesandten kranken Topfexemplaren in eine sandige, nährstoffarme Erde hatte zur Folge, daß im nächsten Jahre sich normale Blumen entwickelten. Ähnliche Fäulniserscheinungen beobachtete Sorauer bei Bourbon- und Remontantrosen im freien Lande nach Fäkaldüngung. Hier hatte das Unterhacken von Gips ein allmähliches Nachlassen der Krankheit zur Folge.

Auch bei anderen gärtnerischen Kulturpflanzen kommen Fäulniserscheinungen nach Stickstoffüberschuß (meist in Form von Fäkaldünger, Jauche, Chilisalpeter und schwefelsaurem Ammoniak) vor. In der Mehrzahl der Fälle heilt das Umsetzen der Pflanzen in reinen Sand oder sehr sandige Lauberde das Übel. — Stippflecke der Äpfel siehe S. 413.

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. V 1895, S. 186. — [2]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IV 1894, S. 314.

b. Kalk- und Magnesiaüberschuß.

Unter Hinweis auf die in früheren Abschnitten bereits über die Wirkung des Kalkes erwähnten Beobachtungen heben wir hier zunächst die Mahnung von Orth[1]) hervor, an Stelle einer einzigen sehr starken Kalkzufuhr lieber öfter kleinere Mengen auf den Acker zu bringen.

Selbstverständlich kann ein Kalküberschuß nicht durch bestimmte Zahlen präzisiert werden, da jede Pflanze und jeder Acker ein anderes Kalkbedürfnis haben. Auch kommt es gar nicht auf die absolute Menge bei der Kalkzufuhr an, sondern auf das Verhältnis zu den anderen Nährstoffen, welche durch den Kalk in ihrer Löslichkeit und Wanderungsfähigkeit beeinflußt werden. Endlich kommt aber auch die Witterung zur Zeit des Kalkens in Betracht.

Für die Praxis namentlich beherzigenswert sind die Warnungen, welche Hoffmann[2]) auf Grund vielseitiger Erfahrungen ausspricht. Kalk wirkt schädlich, wenn er in größeren Mengen auf kraftlosen Böden zur Verwendung gelangt; auf humusarmen, leichteren, tätigen Böden erweist er sich in trockenen Frühjahren zu stark lockernd und austrocknend und stört die Bakterienarbeit. Kommt er als Mergel zur Verwendung, ist darauf zu sehen, daß dieser vorher an der Luft gut zerfallen ist, damit etwaige schädliche Bestandteile rechtzeitig oxydiert werden können. Ebenso wie bei anhaltender Trockenheit wird Kalk auch bei stauender Nässe gefährlich, namentlich wenn er als sogen. „Wasserkalk" mit viel Kieselsäure, Eisenoxyd und Tonerde vermischt ist. Derselbe wird bei feuchtem Wetter leicht zementartig hart.

Aber auch unter normalen Verhältnissen kann der Kalk gefährlich werden; man darf nicht vergessen, daß bei seiner erwünschten Leistung der Zersetzung der organischen stickstoffhaltigen Substanzen und der Umformung des entstehenden Ammoniaks in salpetersauren Kalk auch Ammoniakverbindungen verflüchtigt werden. Kommt salzsaures oder schwefelsaures Ammoniak mit kohlensaurem oder phosphorsaurem Kalk zusammen, entstehen das äußerst leicht lösliche Chlorcalcium und Gips und andererseits kohlensaures bzw. phosphorsaures Ammon. Bei Versuchen von Wagner[3]) (Darmstadt) beobachtete man einen durch Ammoniakverdunstung entstandenen Stickstoffverlust von 30% gegenüber einer Salpeterdüngung. Besonders leicht entstehen derartige Verluste, wenn der Boden reich an kohlensaurem Kalk ist, wenn das Ammoniaksalz nur flach untergebracht ist und Sonne und Wind reichlich Zutritt haben; dann kann das durch die Umwandlung des nichtflüchtigen schwefelsauren Ammoniaks entstehende flüchtige kohlensaure Ammon sehr schnell dem Acker entführt werden.

Sandige und zugleich kalkreiche Böden werden deshalb nicht für Ammoniakdüngung, namentlich nicht für Kopfdüngung geeignet sein. Außerdem wird jetzt verständlich, warum man nicht Ätzkalk direkt mit Stallmist oder anderen ammoniakhaltigen Dungstoffen in Berührung bringen soll.

Außer den genannten Beziehungen hat der Kalk auch seine nicht zu unterschätzende Wirkung auf die Phosphorsäure. Die wasserlösliche

[1]) Orth, A., Kalk- und Mergeldüngung. Anleitung, im Auftrage d. Deutschen Landw.-Ges. Berlin 1896.

[2]) Hoffmann, M., Düngungsversuche mit Kalk. Arb. d. D. Landw.-Ges., Heft 106.

[3]) Zeitschr. der Landwirtschaftskammer f. d. Prov. Schlesien. 1904, S. 1683.

Phosphorsäure im Superphosphat wird durch gleichzeitige Kalkung in ihrer Wirkung beeinträchtigt, allerdings nicht so sehr wie die der zitronensäurelöslichen Thomasmehlphosphorsäure; am stärksten ist die Behinderung bei der des Knochenmehls. Kalkvergiftungserscheinungen beim Radieschen beschreibt J. Schweizer[1]): staubförmiger Kalk drückte den Erntebetrag stark herab, grobkörniger Kalk bewirkte das Gegenteil. Die kalkbeschädigten Pflanzen zeigten starke Nebenwurzelbildung (bartförmiges Aussehen), die Pfahlwurzel war oft unterdrückt, der plötzliche Übergang von dem Stengel zur hypokotylen Anschwellung verschwindet und tiefe Risse durchfurchen das Radieschen; alles dies ist mit weitgehenden anatomischen Veränderungen verknüpft (vgl. die Originalarbeit). Ähnliche Bilder sahen wir auf dem stark kalkschüssigen Lehm des Dahlemer Botanischen Gartens.

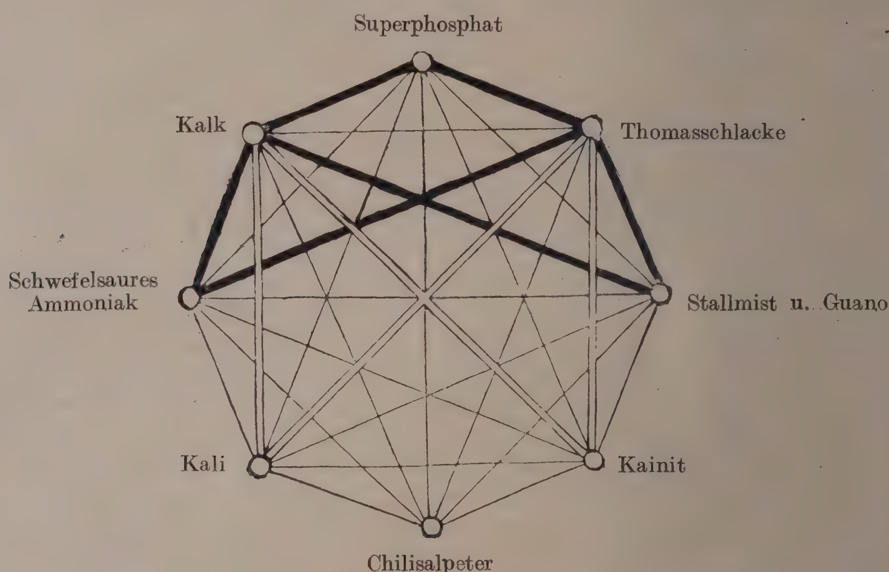


Abb. 110. Schematische Darstellung der günstigen und ungünstigen Beziehungen der Düngemittel zueinander.

Die Dörrfleckenkrankheit des Hafers (Blätter mit rotumrandeten bleichen Flecken) führt H. Zimmermann[2]) auf starke Kalkdüngung zurück, namentlich durch Scheideschlamm auf leichtem Boden. Die Wurzeln erkranken. Vgl. indessen S. 424.

Es dürfte hier der Ort sein, auf die Beziehungen der Dünger zueinander hinzuweisen, um zu vermeiden, daß sie gegenseitig einander schädigen, d. h. in ihrer Wirkung beeinträchtigen. An Stelle längerer Beschreibungen geben wir eine dem „Praktischen Ratgeber im Obst- und Gartenbau" 1906 Nr. 17 entlehnte Abbildung wieder (Abb. 110).

[1]) Schweizer, J., Kalkvergiftungen beim Radieschen (*Raphanus sativus* ver. *radicula*) Mitt. Naturf.-Ges. Bern, 1919. Sitzber. S. 58f (1920). Vgl. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII, S. 31 (1922).

[2]) Zimmermann, H., Die Dörrfleckenkrankheit des Hafers. Mitt. d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., 26. Jahrg., S. 245. — Vgl. auch E. Riehm, Dörrfleckenkrankheit. Dtsche. Landwirtsch. Presse XLIV (1917), S. 62. — Clausen, Die Dörrfleckenkrankheit des Hafers. Hann. land- u. forstw. Zeit. LXX (1917), S. 506ff.

In diesem Schema bedeuten die dünnen Verbindungslinien für die einzelnen Düngerarten, daß man dieselben immer zusammenmischen darf. Die Dünger, welche mit Doppellinien verbunden erscheinen, dürfen nur kurz vor dem Ausstreuen miteinander gemengt werden; dagegen darf man niemals diejenigen Dünger miteinander mischen, welche in der Abbildung mit dicken Strichen verbunden sind.

Der Vergiftungserscheinungen durch Magnesiaüberschuß und der daran sich knüpfenden Theorie von Loew über ein bestimmtes Mengenverhältnis zwischen Kalk und Magnesia im Boden zur Erzielung guter Ernten ist schon in dem Abschnitt über Kalkmangel (S. 322) gedacht worden. Später hat Loew[1]) seine früheren Mitteilungen ergänzt, indem er darauf aufmerksam macht, daß das günstige Mengenverhältnis zwischen Kalk und Magnesia im Boden durch keine bestimmten Zahlen stets fixiert werden kann; es ändert sich, sobald die beiden Basen der Aufnahme durch die Pflanze in verschiedenem Grade zugänglich sind.

Gegen die Loewsche Anschauung sprechen die Versuche von Meyer[2]), von denen wir hier nur hervorheben, daß sowohl starke Kalk- als auch Magnesiagaben die Ernten sehr beeinträchtigen. Natürlich verhalten sich die verschiedenen Pflanzenarten zu derselben Düngung ganz verschieden; bei derselben Magnesiagabe zeigte beispielsweise Hafer schon einen Rückgang in der Körner- und Strohernte, während bei Roggen dies nicht der Fall war.

Auch Gössel[3]) hält auf Grund seiner Versuche die Loewsche Ansicht für nicht richtig; indes glauben wir, daß dieselbe trotzdem beachtenswert bleibt. Man darf sich nur nicht an bestimmte Zahlen binden, weil jeder Kulturversuch andere Verhältnisse bietet. Die Paralysierung der mit den Düngesalzen massenhaft in den Boden gebrachten schädlichen Magnesiaverbindungen wird man stets im Auge behalten müssen. Vor allem handelt es sich um die großen Mengen von Chlormagnesium, die mit den sogenannten „Abraumsalzen“ dem Acker zugeführt werden, und die den Zuckergehalt der Rüben, den Stärkegehalt der Kartoffeln usw. herabdrücken. Unser Bestreben muß sein, das nicht absorbierbare Chlor an eine Base, also namentlich an Kalk zu binden, durch die es leicht in den Untergrund gewaschen werden kann.

Schließlich muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß dieselbe Kalkmenge einmal schädigend, ein anderes Mal fördernd wirkt, je nachdem dieselbe als kohlensaurer oder schwefelsaurer Kalk gegeben wird. So fand z. B. Suzuki[4]) bei Vegetationsversuchen mit Bergreis, daß durch eine übermäßige Gabe von kohlensaurem Kalk (das Verhältnis von Kalk zu Magnesia war 3 : 1, die Ernte beträchtlich herabgedrückt wurde, selbst wenn die Phosphorsäure in leicht löslicher Form vorhanden war. Dagegen zeigte die Zufuhr einer äquivalenten Menge Gips eine ungewöhnliche Erntesteigerung namentlich an Körnern. Aus diesem Versuch aber ergibt

[1]) Loew, O., und Aso, K., Über verschiedene Grade der Aufnahmefähigkeit von Pflanzennährstoffen durch die Pflanzen. Bull. College of Agric. Tokyo, Imp. Univ. vol. VI, Nr. 4, zit. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1905, S. 594.

[2]) Mayer, D., Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Kalk- und Magnesiaformen. Landw. Jahrbücher XXXIII (1904), S. 371.

[3]) Gössel, Fr., Bedeutung der Kalk- und Magnesiasalze für die Pflanzenernährung. Vortrag auf der 75. Naturf.-Vers. (s. Chemiekerz. 1903, Nr. 78).

[4]) Suzuki, S., Über die schädliche Wirkung einer zu starken Kalkung des Bodens. Bull. College of Agric. Tokyo, Imp. University VI. Vgl. Centralbl. f. Agrik.-Chem. 1905, S. 588.

sich auch, daß die schädliche Wirkung des Kalküberschusses nicht immer in einer Verminderung des Aufschließungsvermögens eines Bodens gegenüber schwer löslichen Phosphorsäureverbindungen zu suchen ist, sondern wahrscheinlich auch ihren Grund in der Neutralisierung der Wurzelsäuren hat.

Durch Abstumpfung der Säuren der Pfl nzenwurzeln kann die Aufnahme der verfügbaren Phosphorsäure beeinträchtigt werden. Der große Unterschied zwischen der Wirkung des Calciumkarbonats und derjenigen des Gipses erklärt sich leicht dadurch, daß der Gips aus dem Boden nur so weit, als er in Wasser löslich ist (also in äußerst geringer Menge) aufgenommen wird, während die Aufnahme des Karbonats durch die Pflanzen hauptsächlich von der Säure der Wurzeln abhängt.

Kalkempfindlichkeit des Leins[1]).

W. Fischer[2]) hat sich eingehend mit dem Einfluß des Kalkes auf den Lein beschäftigt. Das Ergebnis der Untersuchungen ist: 1. Der Lein ist eine gegenüber dem Kalk in der Jugend sehr empfindliche Pflanze. Unter allen Umständen sind frische Kalkgaben, namentlich in Form von Ätzkalk, schädlich und zu vermeiden, wogegen Gipsdüngung für die junge Pflanze wachstumsfördernd zu wirken scheint. 2. Durch erhöhte Kaligaben — wofür der Lein an sich schon sehr dankbar ist — gelingt es, die schädigende Wirkung des Kalkes ganz oder zum Teil aufzuheben und eine wesentlich günstigere Entwicklung der jungen Pflanzen zu erzielen.

Der Kalküberschuß bei dem Weinstock.

Seit der Einführung des Weinbaues mit veredelten amerikanischen Reben sind die Klagen über die Gelbsucht des Weinstockes besonders in den Vordergrund getreten. Beschrieben wird die Krankheit meist als „Chlorose"; nach unserer Anschauung müßte sie als „Icterus" bezeichnet werden. Die Blätter und Triebe sind nicht normal grün, sondern gelbgrün und bleiben kleiner; das Holz reift nicht genügend aus, die ganze Ernährung stockt und die chlorotische Stöcke aufweisenden Stellen gewinnen immer mehr Ähnlichkeit mit Reblausherden[3]). Die Krankheit wurde bereits S. 181 unter den durch Luftabschluß verursachten erwähnt.

Selbstverständlich sind die Ursachen für die Gelblaubigkeit, wie bei den anderen Pflanzen, äußerst verschiedener Art; sehr häufig spielt dabei die mit oder ohne Myzelpilze sich einstellende Wurzelfäulnis auf schweren Böden eine Rolle. Namentlich *Vitis riparia* und *V. rupestris* mit ihrem feineren Wurzelsystem erweisen sich gegen solche Böden empfindlich, während Sorten mit starken Wurzeln (*Jaquez*, *Herbemont* usw.) sich besser anpassen[4]). Besonders schwer aber ist es, die amerikanischen Reben auf solchen Böden zu erziehen, die viel Kalk in leicht aufnehmbarer Form enthalten und nicht sehr reich an Nährstoffen sind. Die meisten Erfahrungen

[1]) Über die Kalkempfindlichkeit verschiedener Lupinenarten u. a. Pflanzen vgl. Hiltner, L., Prakt. Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1915, Heft 5, S. 553ff.

[2]) Fischer, Wilh., Über d e Kalkempfindlichkeit des Leins. Vorl. Mitt. Deutsche Landw. Presse XLVI, Nr. 58 (1919).

[3]) K. Müller-Augustenberg, Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung. Karlsruhe 1918, S. 75. 2. Aufl. 1922, S. 79. — Schellenberg, H., Gelbsüchtige Reben. Zeitschrift für Obst- und Weinbau XXVIII (1919), Heft 15.

[4]) Eger, E., Untersuchungen über die Methoden der Schädlingsbekämpfung usw. Berlin, Paul Parey, 1905.

darüber hatte man in Frankreich Gelegenheit zu sammeln. Luedecke[1]) gibt die Resultate von Bodenuntersuchungen wieder, welche der landwirtschaftliche Verein zu Cadillac 1890 vornehmen ließ. Es enthielt der Boden, der

	keine Gelbsucht und der, welcher Gelbsucht der Stöcke zeigte	
Phosphorsäure	0,07 %	0,06 %
Kali	0,39 %	0,37 %
Kalk	1,81 %	18,93 %
Eisenoxyd	5,90 %	3,02 %
Stickstoff	0,10 %	0,10 %

Der Gehalt der Böden an Stickstoff, Kali und Phosphorsäure ist also gleich, Eisenoxyd in beiden hoch, aber der Kalkgehalt des Gelbsucht erzeugenden Bodens nahezu zehnmal größer. Bei den nunmehr vorgenommenen Düngungsversuchen mit Chilisalpeter, Ammoniak, Superphosphat, Chlorkalium, schwefelsaurer Magnesia und Eisenvitriol zeigte nur der letztere einen hervorstehenden Erfolg. Auf dieser Versuchsparzelle hatten die Stöcke besonders viel neue Wurzeln gebildet. Dieselben Resultate wurden unter ähnlichen Verhältnissen anderweitig auf Böden erzielt, die ebenfalls sehr reich an Eisen von vornherein waren, bei denen also die Eisenvitrioldüngung in ihrer günstigen Wirkung nicht einem vorher dagewesenen Eisenmangel zugeschrieben werden konnte.

Derartige Resultate, die auf den hohen Kalkgehalt der Böden als Ursache der Gelbsucht des Weinstockes hinweisen, liegen vielfach vor[2]), und ebenso zahlreich sind die Beobachtungen über die Wirksamkeit des Eisenvitriols.

Es fragt sich nun, wie man den schädlichen Einfluß des Kalkes und die günstige Wirkung der genannten Eisenverbindung erklären soll? Luedecke fand die aus dem Kalkboden von Rheinhessen kommenden Wässer alkalisch reagierend und sah bei Zusatz eines Eisensalzes (Eisenvitriol, Eisenchlorid), daß das Eisen ausgefällt wurde. Er zog daraus den Schluß, daß, da die Pflanzen nur Eisen in aufgelöster Form aufzunehmen vermögen, das alkalische Wasser aber die Lösung des Eisens verhindert, trotz des vielen Eisens im Boden die Weinstöcke doch Mangel daran leiden und daher ikterisch würden. Viala und Ravaz erblicken die schädliche Wirkung des Kalkes in einer Neutralisation des Zellsaftes der Wurzeln (s. Eger a. a. O.).

Weitere Untersuchungen über die Chlorose liegen bei von Molz[3]) und Fr. Muth[4]) vor. In Bestätigung der bereits oben und auch von K. Müller (a. a. O.) geäußerten Ansicht ist bei den Reben Sauerstoffmangel für die Wurzeln als Ursache zu betrachten. Am gefährdetsten sind daher tiefe Lagen, in denen sich das von den Hängen abfließende Wasser sammeln kann. In schweren Böden leidet darunter die Ausbildung des Wurzelsystems. Der Kalk allein erzeugt keine Chlorose, aber, da kalkreiche Böden

[1]) Luedecke in Zeitschr. f. d. landw. Ver. d. Großherz. Hessen 1892, Nr. 41, 1893, Nr. 2.

[2]) Siehe v. Babo u. Mach, Handbuch des Weinbaues und der Kellerwirtschaft (s. Eger a. a. O.).

[3]) Molz, Die Chlorose des Reben. Jena 1907, G. Fischer.

[4]) Muth, Fr., Bericht des Laboratoriums der Großh. Wein- und Obstbauschule in Oppenheim 1913—1910.

auch öfter sehr feinkörnig sind und eine alkalische Reaktion hervorbringen können, so bieten sie besonders leicht Gelegenheit zum Absterben der Wurzeln. Darum kann man von einer Kalkchlorose[1]) sprechen. Aber auch anhaltende Trockenheit sowie Wärmemangel vermögen Chlorose zu erzeugen. Sehr beachtenswert ist die Ansicht von Molz, daß die krankhafteKonstitution einer chlorotischen Pflanze sich durch Steckholz übertragen lassen kann. Diesen Stecklingen kann entweder von Anfang an die Krankheit inhärieren, oder es können „gewisse nachteilige Einwirkungen von außen infolge einer übernommenen starken Prädisposition das ikterische Phänomen und dessen Folgezustände entstehen lassen". Durch Eisensulfat kann eine dauernde Heilung nicht herbeigeführt werden; es werden im besten Falle nur die Symptome beseitigt, und es ist wahrscheinlich, daß das Ergrünen der Blätter nicht durch das Eisen, sondern durch die Schwefelsäure veranlaßt wird.

A. a. O. S. 84 führt Eger Versuchsergebnisse von Oberlin-Beblenheim an, aus denen sich eine wesentliche Ertragssteigerung nach Gipsdüngung auf reichen Böden ergibt. Da eine gleichzeitig ausgeführte Gipszufuhr zu mageren Böden vollständig erfolglos blieb, so ist wahrscheinlich die günstige Wirkung des Gipses seiner aufschließenden Kraft zuzuschreiben.

c. Kaliüberschuß[2]).

Auf die Gefahren, die fortgesetzte reiche Kalidüngung für die Bodenbeschaffenheit hat, ist schon hingewiesen und dabei betont worden, daß die leichteren und die Moorböden am dankbarsten sich für Kalizufuhr erweisen. In letzterer Zeit hat aber Hollrung auf einen anderen Nachteil der Mineralsalzdüngung überhaupt, also auch der Kalisalze aufmerksam gemacht. Er weist auf Versuche von Hall hin, welche ergeben haben, daß sich der Wasserbestand in den Böden völlig ändert. Hall stellte seit 1866 fest, in wieviel Tagen des Jahres die Drainage auf einem ungedüngten gegenüber einem beständig mit Chilisalpeter gedüngten Felde gelaufen war. Je mehr die Drainage läuft, um so mehr Wasser wird dem Felde entzogen. Obgleich das Ergebnis in den einzelnen fünfjährigen Perioden, die zum Vergleich kamen, ein schwankendes war, deutete das Gesamtresultat für den ganzen Zeitraum doch darauf hin, daß der „gesalzene Boden" weit größere Mengen Wasser durch den Untergrund in die Drainage entlassen hatte, was auf eine ungünstige Umgestaltung des Bodens schließen läßt.

Bei dem Einfluß der Kalisalze auf den Pflanzenkörper kommt es darauf an, in welcher Form und auf welchem Boden das Düngesalz zur Anwendung gelangt[3]). Denn es handelt sich wesentlich um die Wirkungen der Nebensalze, die bei der Kalizufuhr dem Boden einverleibt werden. Zur Zeit finden der Kainit[4]) und das 40 %ige Kalisalz die reichlichste Verwendung. Bei Kainit braucht man $3^1/_4$ Zentner, wenn man so viel Kali zuführen will, wie in einem Zentner 40 %igen Kalisalzes enthalten ist.

---

[1]) Über Kalkchlorose als Jugendkrankheit der Lupinen berichtet neuerdings Fritz Merkenschlager (Zur Frage der Kalkempfindlichkeit der Lupine, Fühlings Landw. Zeitung, LXX (1921) S. 232—240, 271—280).

[2]) Vgl. auch Harter, L. L., The influence of a mixture of soluble salts, principally sodium chlorid, upon the leaf structure and transpiration of wheat, oats and barley. U. S. Departement of Agriculture Bureau of Plant Industry Bulletin 134.

[3]) Blätter für Zuckerrübenbau 1905, S. 62.

[4]) Über Distelbekämpfung mit Kainit vgl. Ber. über die fries. Versuchsfelder in 1918. De Veldbode. Mitt. D. Landw. Ges. XXXIV (1919), Stück 23. S. 221.

Unter den im Kainit zugeführten Nebensalzen spielt das Kochsalz eine hervorragende Rolle. Außerdem kommen schwefelsaure Magnesia und Chlormagnesium in Betracht. Die einzelnen Pflanzen verhalten sich nun sehr verschieden zum Kochsalz: während Zuckerrüben dankbar sich erweisen, ist die Kartoffel sehr empfindlich[1]). Allerdings ist auch bei Zuckerrüben der Erfolg ein ziemlich trügerischer, da zwar (nach den Versuchen von Aducco und Wohltmann) die Masse der geernteten Rübensubstanz vergrößert wird, aber der Reinheitsquotient und der Zuckergehalt zurückgehen.

Wegen der Nebensalze prüften Schneidewind und Ringleben[2]) die Kalirohsalze gegenüber den hochkonzentrierten Formen bei verschiedenen Kalkgaben. Bei Kleegrasgemisch, Hafer, Zuckerrüben und Kartoffeln zeigte sich, daß der Kainit sich dem Chlorkalium und schwefelsauren Kali überlegen zeigte, wenn ausreichende Mengen von kohlensaurem Kalk vorhanden waren; fehlten diese, trat der entgegengesetzte Fall ein. Nahm man den schwer löslichen Gips statt des kohlensauren Kalkes, so erwies sich der Kainit schädlich, besonders für Kleegrasgemisch, weniger für Hafer. Bei Kartoffeln war die Wirkung günstig, sofern die Böden kaliarm waren; bei größerem Kalireichtum derselben kam die Überschußwirkung, nämlich Erniedrigung des Stärkegehaltes, zum Vorschein. Die durch die Chloride bewirkte Stärkedepression, die mit einem größeren Wasserreichtum verbunden ist, fand Szollema[3]) bei den stärkereichen Kartoffelsorten etwas größer als bei den stärkeärmeren.

Bei den Pflanzen, welche gegen die Chlorverbindungen der Kalirohsalze, wie z. B. des Kainits, sehr empfindlich sind, erweist sich manchmal der Nachteil, daß das Kali während des Herbstes und Winters aus dem Boden teilweise ausgewaschen wird, insofern als vorteilhaft, als dabei auch reichlich die gefährlichen Nebensalze (Kochsalz und Chlormagnesium) ausgewaschen werden, also dem Boden zwar absolut weniger Kali verbleibt, aber dasselbe in reinerer Form zur Geltung kommt. Das Auswaschen von Kali fällt übrigens bloß bei Böden in die Wagschale, welche nur geringe Mengen Kalk und derartig absorbierende Bestandteile besitzen, wie z. B. bei leichten Sand- und Moorböden[4]).

Von den nachteiligen Wirkungen der Kalidüngung bei anderen als den bereits genannten Kulturpflanzen erwähnen wir noch diejenigen, die Behrens[5]) bei Tabak beobachtet hat. Seine Versuche ergaben nämlich, daß der Wassergehalt der Blätter beträchtlich stieg, wenn schwefelsaures Kali durch Beidünger zu Stallmist gegeben wurde, und daß damit eine größere Leichtigkeit des Faulens der an der Luft schwerer trocknenden Blätter verbunden war. Dies hängt wahrscheinlich mit der von Copeland beobachteten Turgorsteigerung durch Kalisalze (Pottasche) zusammen[6]). Natronsalze (Soda) zeigten diese physiologische Wirkung nicht.

---

[1]) Blätter für Zuckerrübenbau 1905, S. 89

[2]) Schneidewind, W., und Ringleben, O., Die Wirkung der Kalirohstoffe und der reinen Kalisalze bei verschiedenen Kalkformen. Landw. Jahrb. 1904. Bd. XXXIII, S. 353.

[3]) Szollema, D., Über den Einfluß von Chlor- und anderen in den Staßfurter Rohsalzen vorkommenden Verbindungen usw. Vgl. Centralbl. f. Agrikultur-Chemie 1901, S. 516.

[4]) Schneidewind, Auswaschen des Kalis im Winter. Zeitschr. d. Landwirtschaftskammer f. Schlesien 1904, Nr. 14, S. 471.

[5]) Behrens, J., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Tabakpflanze. Landw. Versuchsstationen 1899, S. 214.

[6]) The relation of nutrient salts to turgor. Bot. Gaz. XXIV (1897), S. 399—416.

Beachtenswert ist die Klage der Landwirte, daß bei fortgesetzter Kalidüngung die Qualität der Wiesenpflanzen so verschlechtert werde, daß die mit dem Heu gefütterten Tiere abmagern. Wenn auch diese hochgradige Wirkung noch anzuzweifeln ist, so steht doch fest, daß häufig eine geringere Schmackhaftigkeit des Heues solcher Wiesen beobachtet worden ist, welche mit Kainit oder Kainit und Thomasschlacke wiederholt gedüngt worden sind[1]).

Die bei verschiedenen Feldfrüchten und Obstbäumen hier und da hervorgetretenen Schädigungen beruhen meist auf unzweckmäßiger Anwendung der Kalisalze und äußern sich dann vielfach auch in Nachwirkungen[2]). Man wird denselben am besten vorbeugen durch Vermeidung starker Kaligaben auf schweren Böden, durch Unterlassen der Einbringung des Salzes mit dem Saatgut, durch wiederholte kleinere Kalkgaben und (bei den besonders chlorempfindlichen Pflanzen, wie z. B. Kartoffeln) durch Verwendung des 40%igen Kalisalzes und anderer gereinigter hochkonzentrierter Verbindungen an Stelle der Rohsalze.

Die wiederholte Zufuhr kleiner Kalkmengen erweist sich darum nützlich, weil der Kalk im kohlensäurehaltigen Bodenwasser um so mehr ausgewaschen wird, je mehr Kalisalze dem Boden zugeführt werden, da es sich, wie bereits erwähnt, mit ihnen zu löslichen Verbindungen umsetzt. Hoffmann[3]) empfiehlt, sich womöglich eines hochprozentigen Handelsmergels zu bedienen und davon mindestens 5—7½ dz pro Morgen zu geben. Droht einem Boden die Gefahr der Verkrustung (das „Abbinden"), so bringe man im Herbst mindestens 2½ dz Ätzkalk flach unter und wiederhole dies nach etwa vier Jahren.

d. Phosphorsäureüberschuß.

Schädigungen durch einen Überschuß an Phosphorsäure sind selten. Sie können wohl nur dort erwartet werden, wo reichlich Superphosphate zur Verwendung gelangen, also eine wasserlösliche Phosphorsäure vorhanden ist. Die citratlösliche des Thomasmehls ist schon schwerer beweglich. Aber auch die wasserlösliche Phosphorsäure geht alsbald wieder in den unlöslichen Zustand dadurch über, daß sich im Boden Diphosphate des Calciums, Magnesiums, Aluminiums und Eisens bilden, die nur langsam von der Kohlensäure des Bodens und den sauren Ausscheidungen der Wurzeln gelöst werden. Eine Schädigung durch Superphosphat wird daher selbst bei reicher Gabe nur auf Böden zu befürchten sein, die arm an kohlensaurem Kalk, Eisen und Tonerde sind. Versuche liegen nur in geringer Anzahl vor. Die sorgfältigen Untersuchungen der Versuchsstation Bernburg mit Zuckerrüben[4]), die einbasiges Calciumphosphat, also wasserlösliche Phosphorsäure im Überschuß erhalten hatten, haben gezeigt, daß ein Rückgang im Zuckergehalt nicht eingetreten ist und auch die Mengen der Rübensubstanz und des Nichtzuckers dieselben wie in normal gedüngten Rüben geblieben sind. Bei

---

[1]) Mitteilungen d. Deutschen Landw.-Ges. vom 11. März 1905.

[2]) Clausen, Resultate von Obstbaumdüngungen. Landwirtschaftl. Jahrbücher XXXIII, S. 939.

[3]) Hoffmann, M., Die Kalisalze. Anleitung. Herausg. v. d. Deutschen Landw.-Ges. 3. Aufl., 1905.

[4]) Vortrag von H. Roemer; vgl. Blätter für Zuckerrübenbau 1905, S. 229.

einseitiger Anwendung von Phosphorsäuredüngung ergab Weizen die größte Zahl steriler Ährchen[1]).

Nach Sorauer kann sich der Phosphorsäureüberschuß in einer Verkürzung des Wurzelsystems äußern, wie dies bei allen hochkonzentrierten Lösungen einzutreten pflegt. Außerdem wird ein vorschneller Abschluß der vegetativen Periode (Frühreife) eingeleitet. Die Pflanzen kommen nicht zur vollständigen Ausnutzung ihres Laubapparates, der vorzeitig zu vergilben pflegt. Dementsprechend ist die Ernte weniger ausgiebig.

In Kürze zu gedenken ist des Zurückgehens der Phosphorsäure im Superphosphat und Thomasmehl in manchen Böden, die reich an Kalk und Eisenoxyd sind. In saurem Moorboden und humusreichem, saurem Wiesenboden überwiegt der die Phosphorsäure löslich erhaltende Prozeß; denn Wasser, Kohlensäure, Humussäure und einige Salze wirken lösend. In humushaltigen, nicht sauren Salzböden halten der lösende und der die gelöste Phosphorsäure wieder in schwer lösliche Formen überführende Prozeß einander ungefähr das Gleichgewicht. Aber in kalkhaltigen und eisenhaltigen Lehmböden erhält der Prozeß des Zurückgehens, d. h. der Überführung der löslichen Phosphorsäure in schwerer lösliche Phosphate das Übergewicht. Unter solchen Umständen wäre eine Frühjahrsverwendung von Thomasmehl nicht anzuraten.

Gasphosphat. In den Gasfabrikationsabfällen findet sich in verschiedenen Mengen Rhodanammonium vor. Dasselbe hat eine erhöhte wirtschaftliche Bedeutung dadurch erlangt, daß man durch Reinigung des Leuchtgases mit Superphosphat ein stickstoffhaltiges Düngemittel hergestellt hat, welches als „Gasphosphat" in den Handel gebracht worden ist. Das saure Phosphat hat aus dem Leuchtgasstrom das Ammoniak aufgenommen, aber dabei zugleich auch das Rhodanammonium behalten. Bei der vielseitig nachgewiesenen Giftigkeit dieser Verbindung hat man versucht, durch Waschen des Gasphosphats mit einer konzentrierten Lösung von Ammoniumsulfat, in welchem die Rhodanverbindungen leicht löslich sind, das Düngemittel zu reinigen. Man konnte dadurch den Gehalt desselben bis auf 0,9 % Rhodanverbindungen herabmindern und hat infolgedessen die direkte Anwendung dieses Düngers, der sich in der Tat durch hohen Phosphorsäure- und Stickstoffgehalt auszeichnet, empfohlen.

Die Versuchsresultate waren einander widersprechend insofern, als auf Sandboden günstige Ergebnisse, auf lehmigen Böden nachteilige Wirkungen beobachtet worden sind. Dies legte die Vermutung nahe, daß im Sand eine schnellere Zersetzung des Rhodanammoniums in Ammoniak bzw. Salpetersäure und Schwefelsäure eintritt und dadurch die Giftwirkung aufgehoben wird. Die Vermutung wird durch andere Versuche bestätigt, welche dartun, daß bei dem Einbringen des Düngers mehrere Wochen vor der Aussaat sich keine Schädigungen, bei gleichzeitiger Saat aber arge Verluste zeigen. Dasselbe Ergebnis stellte sich bei Benutzung eines Staubes aus Hochöfen heraus, der 1 % Rhodan enthielt.

Die Versuche von Haselhoff und Gössel[2]) lassen keinen Zweifel an der Giftigkeit des Rhodanammoniums, dessen Zersetzung selbst in einem

---

[1]) Grantham, A. E., und Groff, E., Occurrence of sterile Spikelets in Wheat. Journ. of Agric. Research VI (1916), Nr. 6.

[2]) Haselhoff, E., und Gössel, F., Versuche über die Schädlichkeit des Rhodanammoniums für das Pflanzenwachstum. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XIV (1904), S. 1. Hier auch die frühere Literatur.

Sandboden nicht so leicht vor sich geht, wie frühere Versuche zu ergeben schienen. Schon so geringe Mengen, wie 0,0025%, rufen eine erhebliche Verzögerung der Keimung hervor, und da auch das gereinigte Gasphosphat noch immer 0,76% Rhodanammonium enthält, so möchten die gesamten Forscher dasselbe, zumal bei der Schwerlöslichkeit der Phosphorsäure, als Düngemittel überhaupt nicht empfehlen.

Über die Wirkung graphithaltigen Bodens berichtet Kryž[1]), daß 25 bis 50% Graphitgehalt die Spitzen und Blüten trocknen läßt.

Zweite Abteilung.

Luftfeuchtigkeit und Luftbewegungen.

Viertes Kapitel.

Übermäßige Luftfeuchtigkeit.

Der Wachstumsmodus bei anhaltender Luftfeuchtigkeit.

In vielen Dingen schließen sich die Krankheiten, die durch übermäßige Luftfeuchtigkeit verursacht werden, dene des Wasser- und Nährstoffüberschusses an, schon, da sie naturgemäß oft neben- und miteinander auftreten werden. Es sei deshalb dies Kapitel hier unmittelbar angefügt. Andererseits haben zahlreiche Arbeiten darauf hingewiesen, daß Bau und Funktionen der Individuen durch den Einfluß hochgradig feuchter Luft in dem gleichen Sinne alteriert werden, wie dies durch Lichtentziehung geschieht. Nach den Versuchen von Vesque und Viet[2]) haben die in feuchter Luft erzogenen Pflanzen längere, weniger verzweigte Wurzeln, schmächtigere Stengel, Blätter mit längeren Blattstielen und kleineren Flächen. Die Wandungen der Epidermiszellen sind weniger unduliert, die Zellreihen des Mesophylls minder zahlreich und ohne Differenzierung zu Palisadenparenchym. Überhaupt war das ganze Gewebe des Blattes aus feuchter Luft gleichmäßiger, während man in trockener Luft die Unterschiede zwischen Palisaden- und Schwammparenchym deutlich hervortreten sah. Die Gefäßbündel in den Internodien sind in der trockenen Luft viel stärker entwickelt; dies bezieht sich nicht bloß auf den Durchmesser des ganzen Bündels, auf die Zahl der Gefäße und deren Durchmesser, sondern vorzugsweise auf die Hartbastfasern, die in trockener Luft reichlich vorhanden und in der feuchten Luft gänzlich fehlen können. Duval-Jouve[3]) beobachtete bei Gräsern, daß trockene und heiße Standorte die Entwicklung der Bastbündel begünstigen, während im Feuchten diese Entwicklung zurückgehalten wird. Die Verfasser zitieren Rauwenhoff[4]), der auch in dieser Weise die etiolierten Pflanzen charakterisiert.

[1]) Kryž, Ferd., Über die Wirkung eines graphithaltigen Bodens auf darin keimende und wachsende Pflanzen. Zeitschr. Pflanzenkrankh. XXIII (1913), S. 72ff.

[2]) Vesque et Viet, Influence du milieu sur les végétaux. Annales des scienc. nat. Sixième série. Botanique XII (1881), S. 167. Weitere Beispiele der Anpassung und Literatur s. Warming-Graebner, Lehrbuch der Ökologischen Pflanzengeographie, 3. Aufl.

[3]) Histotaxie des feuilles des graminées. Ann. sc. nat. I (1875), S. 97.

[4]) Annal. d. scienc. nat. 6 sér V, p. 267.

Bei vergleichenden Versuchen in trockener und feuchter Luft, sowohl unter heller als dunkler Glocke, zeigte sich, daß in der Dunkelheit, aber in trockener Luft, die Pflanzen weniger verspillert waren als diejenigen, welche bei Beleuchtung in feuchter Luft gewachsen waren, woraus die Verfasser schließen, daß die Gestalt der etiolierten Pflanzen in erster Linie durch den Mangel an Transpiration bedingt wird.

Die gleiche Ansicht äußert Brenner[1]). Bei seinen Untersuchungen an Fettpflanzen beobachtete er eine Neigung, in feuchter Luft die Succulenz der Blätter zu vermindern, aber die Oberfläche zu vergrößern. Die Zellen des Stengels dehnten sich hauptsächlich in der Längsrichtung. Auch Wiesner[2]) sah bei *Sempervivum tectorum* im absolut feuchten Raume die Blätter bedeutend sich vergrößern und stark epinastisch werden. Die Blattrosetten lösen sich dabei auf, indem die Internodien zur Entwicklung gelangen. W. Wollny[3]) fand, daß bei *Ulex Europaeus* eine Rückbildung der Stacheln in normale Blätter infolge dauernder Luftfeuchtigkeit eintrat. Er beobachtete aber auch, daß mit der Vergrößerung der Blätter eine Verminderung des Chlorophyllgehaltes Hand in Hand ging. Auch Eberhardt[4]) gibt an, daß die Zahl der Chlorophyllkörner sich verringere, wenn die Stengel länger und die Blätter größer werden. In einer späteren Arbeit[5]) faßt dieser Forscher die Ergebnisse seiner Versuche dahin zusammen, daß die feuchte Luft mit der Streckung der Blätter und Stengel eine Abnahme in den Dickendimensionen dieser Organe verbindet. Die Haarbildung wird verringert, die Blüten- und Fruchtbildung wird verzögert. Epidermis-, Rinden- und Markzellen werden länger, die Intercellularräume größer, die Zahl von Sekretionskanälen geringer und die Entwicklung des Holzes weniger stark. Am Wurzelkörper bemerkt man eine geringere Produktionvon Nebenwurzeln.

Die Verzögerung der Blüte- und Reifezeit wird auch von E. Wollny[6]) angegeben, der den vorauszusehenden Umstand durch zahlreiche Versuche bekräftigte, daß die Verdunstung von Pflanzen und Boden unter sonst gleichen Umständen um so geringer sich erweist, je größer der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist. Daß in zahlreichen Fällen bei Herabdrückung der Transpiration reichliche Wasserausscheidung in Tropfenform stattfindet, und zwar bei den einzelnen Pflanzen durch verschiedene Vorrichtungen, sei nur kurz erwähnt (Hydathoden Haberlandt[7]). Wir finden die Erscheinung häufig bei jungem Getreide nach warmen Tagen, bei *Tropaeolum majus*, bei Topfgewächsen, welche im Herbst in noch ungeheizte Glashäuser gebracht werden oder als Zimmerpflanzen mit ihren Blättern die stark sich abkühlenden Fensterscheiben berühren.

[1]) Brenner, W., Untersuchungen an einigen Fettpflanzen. Flora LXXXVII (1900), S. 387—439, 15 Fig. Vgl. Justs Bot. Jahresb. 1900, S. 306.

[2]) Wiesner, Jul., Formveränderungen von Pflanzen bei Kultur in absolut feuchten Räumen. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1891, S. 46.

[3]) Wollny, W., Untersuchungen über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das Wachstum der Pflanzen. Inaugural-Dissertation. Halle 1898.

[4]) Eberhardt, M., Action de l'air sec et de l'air humide sur les végétaux. Compt. rend. CXXXI (1900).

[5]) Zit. Centralbl. f. Agrik.-Chem. 1904, Heft 8.

[6]) Wollny, E., Untersuchungen über die Verdunstung und das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik XX, 1898, Heft 5.

[7]) Vgl. besonders Haberlandt, G., Über wassersezernierende und -absorbierende Organe. Sitzber. Wiener Akad. CIII (1894), CIV (1895). — S. Bot. Jahresber. XXV, 1, S. 76. Abh. von Nestler und Goebel.

Bei Bäumen (Birnen) fanden sich bei Sorauers[1]) Versuchen die gesamten Triebe und ebenso deren einzelne Internodien in trockner Luft kürzer, die Blattstiele ebenfalls kürzer, die Blattflächen schmäler als in feuchter Luft. Bei Getreideaussaat erwies sich in feuchter Luft die Bestockung etwas geringer; die Blattzahl war dabei etwas vermindert, aber die Größe der einzelnen Blätter vermehrt, und zwar in der Längenausdehnung, während sie in der Breite etwas abgenommen hatte. Dieselbe Dimensionsänderung zeigten auch die einzelnen Zellen des Blattes. Der Einfluß der feuchten Luft veranlaßte ganz besonders eine Streckung der Blattscheiden und auch der einzelnen Halmglieder sowie selbst der Wurzeln, obgleich die sämtlichen (auch die der trockenen Luft ausgesetzten) Pflanzen in Nährstofflösung standen.

Daß auch die Substanz neben der Form der Pflanzen bei verschiedener Luftfeuchtigkeit sich ändern wird, ist von vornherein zu vermuten. In der Tat ergaben Sorauers Versuche, daß in feuchter Luft eine geringe Menge von Frischsubstanz produziert worden ist, und daß von dieser Frischsubstanz bei den Pflanzen in feuchter Luft ein größerer Prozentsatz auf die Wurzel entfiel. Dabei waren die oberirdischen Teile auch wasserreicher. Betreffs der Funktionen ließ sich feststellen, daß die Verdunstung in feuchter Luft eine absolut geringere ist; sie ist aber auch pro Gramm produzierter Frisch- und Trockensubstanz geringer, d. h. die Pflanze braucht zur Herstellung von 1 g Substanz in feuchter Luft weniger Wasser, und dies dürfte daher kommen, daß sie unter diesen Umständen ihre Substanz mit weniger Mineralstoffen aufbaut.

Ein weiterer Versuch mit Erbsen[2]) beweist, daß wirklich die neuproduzierte Substanz prozentisch ärmer an Asche ist. Die durch stärkere Verdunstung in trockner Luft vermehrte Wasseraufnahme der Pflanze hat zur Folge, daß dieselbe in der Zeiteinheit nur eine halb so konzentrierte Lösung aufnimmt wie die mit geschwächter Verdunstung in feuchter Luft stehende Pflanze.

Aus diesen Resultaten ergibt sich zur Genüge eine Erklärung, weswegen Pflanzen in feuchter Luft den Krankheiten häufig leichter erliegen als die in trockner Atmosphäre gewachsenen Individuen. Man sieht, daß die Exemplare schmächtiger, wasserreicher und ascheärmer sich aufbauen.

Wir haben oben S. 80 bei der Besprechung von Kontinental- und Seeklima bereits auf die Unterschiede der Flora in den einzelnen Teilen Norddeutschlands (vgl. die Karte Abb. 3) aufmerksam gemacht. Nach Versuchen von Graebner ist hierbei die Luftfeuchtigkeit der ausschlaggebendste Faktor. Namentlich die Sämlinge sind besonders empfindlich, und diese Empfindlichkeit gegen die Luftfeuchtigkeit in den Keimungsmonaten setzt schon der Pflanzenverbreitung kontinentaler Arten in maritime Klimate die Grenze. Den Gärtnern ist allgemein bekannt, daß zu stark geschlossen gehaltene Keimlinge, Stecklinge usw. verweichlicht werden und dann leicht faulen, z. B. von *Pythium Debaryanum* befallen werden, daß aber Lüftung ohne sonstige Änderung der Vegetationsbedingungen oder der Eintritt trockener Witterung der Krankheit oft sofort Einhalt tut.

Das Verfaulen kontinentaler Pflanzen während der Wintermonate in den Gewächshäusern ist als Folge des hier herrschenden feuchten Klimas

[1]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, III. Heft 4/5, S. 55ff. — [2]) a. a. S. 79.

eine bekannte Erscheinung. Namentlich Arten mit starker Filzbekleidung, mit trockenen Blättern oder Blattscheiden in der Winterruhe (Tunicapflanzen; vgl. S. 82 u. 446) faulen leicht, weil ihre Schutzeinrichtungen in den feuchten Monaten nicht genügend trocken werden können. Daß manche Wüstenpflanzen (so z. B. *Tumboa* [*Welwitschia*], manche Kakteen usw.) sich in Deutschland trotz aller Mühe nicht erhalten lassen, ist natürlich auch eine Folge der namentlich im Winter nicht fortzuschaffenden feuchten Luft, die mit der mangelhaften Beleuchtung Hand in Hand geht.

Die Lärche ist nach Schreiber[1]) besonders empfindlich gegen die Herabdrückung ihres hohen Transpirationsbedürfnisses; die Herabsetzung kann erfolgen durch stagnierende Luft, häufigen Nebel, hohe Luftfeuchtigkeit, große Bewölkungsziffer usw,, daher auch oft die große Anfälligkeit des Baumes in klimatisch nicht geeigneten Gebieten.

Die Wirkungen besonders feuchter Sommer hat Graebner[2]) untersucht; über den von 1907 berichtet er und zwar namentlich über den Einfluß auf Steppenpflanzen; dieser zeigte sich sehr deutlich sowohl an den krautartigen wie an den holzigen Vertretern trockenerer Florengebiete. Eine Reihe von einjährigen Gewächsen ging ganz oder zum großen Teile zugrunde oder verkümmerte. Bei allen ließ sich typische Wurzelfäule konstatieren. Besonders auffällig war die Erscheinung bei einigen *Cleome*-Arten und verwandten Capparidaceen, die ja als beliebte Sommerblumen häufiger kultiviert werden. Scheinbar ganz üppig gedeihende Pflanzen trockneten plötzlich ein und zeigten dann einen abgestorbenen Stengelgrund und tote Wurzeln. Unter Glasplatten gebracht brach aus den toten Stengelteilen ein üppig wucherndes Pilzmycel hervor, welches aber, da es ohne Fruchtkörper blieb, unbestimmbar war. Das Mycel dieses Pilzes spann sich im Freien über den Erdboden hinweg und griff so von Pflanze zu Pflanze über. In den Anfangsstadien der Krankheit sah man, daß der Pilz zunächst die am Stengelgrunde durch den Regen angespülten Bodenteilchen durchzog, dadurch schließlich zu einer fast filzigen Masse vereinigte, dann den Stengelgrund selbst an einer Seite angriff und ihn schädigte. Genaue Untersuchung ergab aber, daß auch hier der Pilz ganz augenscheinlich nur sekundär auftrat. Ganz ähnliche Bilder, nur ohne die Einwirkung eines Pilzes, sondern durch einfache Wurzelfäule hervorgebracht, konnten bei einer ganzen Reihe mediterraner und orientalischer Arten namentlich aus den Familien der Compositen, Umbelliferen und Cruciferen beobachtet werden.

Auch eine Reihe von ausdauernden Kräutern erlagen der übergroßen Sommerfeuchtigkeit, besonders solche, welche die Eigentümlichkeit haben, während des Hochsommers ihr Laub zu verlieren und die sommerliche Trockenperiode ihrer Steppenheimat nur in unterirdischen Organen zu überdauern. Viele von diesen — eine der bekanntesten dürfte außer den Zwiebel- und Knollengewächsen die übelriechende *Ferula asa foetida* sein — behalten die abgestorbenen Reste der Blätter oder deren unt ren Teile, um die Fortsetzungsknospe in sie einzuhüllen. Die mechanischen Elemente dieser toten Blatteile bleiben in festem Verbande mit der Grundachse

[1]) Schreiber, M. Beiträge zur Biologie und zum Waldbau der Lärche unter besonderer Berücksichtigung des physiologischen Prozesses der Transpiration. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen. Wien, XLVII (1921) S. 1—30, 77—99.

[2]) Graebner, P., Über einige nichtparasitäre Pflanzenkrankheiten des Sommers 1907. Jahresber. Ver. Angew. Bot. 1907, S. 225ff. (1908).

und sollen als „Tunica" dienen. In so feuchten Zeiten werden sie aber nicht trocken und beginnen zu faulen (vgl. auch S. 80ff.); die Fäulnis macht nun nicht am lebenden Gewebe halt, sondern setzt sich, den Gefäßbündeln folgend, sehr bald mehr oder weniger tief in das Innere der Grundachse fort. Von den Leitungselementen aus, die nach dem Absterben der Blätter, für deren Bündel sie als Zuleitungswege dienten, aus der Saftbahn ausgeschaltet sind und dadurch eine geringe Widerstandsfähigkeit zu besitzen scheinen, dringt die Fäulnis sehr bald in die umgebenden Gewebe, namentlich die parenchymatischen ein, dadurch größere Herde erzeugend, die sehr bald bis zu den Gefäßbündelteilen der Grundachse selbst vordringen. Wird eine Grundachse in diesem Stadium trockengelegt, so heilt die Wunde meist durch Eintrocknen der fauligen Teile und Bildung von Wundparenchym aus; ist die tote Stelle aber bereits zu groß, so daß sie den größten Teil des Querschnitts der Grundachse einnimmt, so geht das Absterben meist weiter vor sich, und hat sich die faulige Flüssigkeit bereits in den Gefäßen nach der Richtung der Hauptknospe zu verbreitet, so hilft meist selbst ein Ausschneiden des toten und kranken Gewebes nicht mehr, die ganze Pflanze fällt der Fäulnis anheim.

Für diese Form des Absterbens ließ sich eine große Menge von Beispielen beibringen, es waren namentlich südeuropäische und asiatische, aber auch nordamerikanische Arten; unter den letzteren wurde besonders die bekannte Zierpflanze *Liatris spicata* untersucht (!), die fast gänzlich abstarb. Bei dieser Pflanze ging die Fäulnis von den Wurzelspitzen aus. Die Wurzeln starben nach und nach ganz ab, und von ihnen aus drang die faulige Substanz in die Grundachse ein, dort Herde erzeugend. Zu gleicher Zeit — die oberirdischen Teile begannen da bereits zu welken — faulten auch die Blattreste in die Grundachse ein. Die Blüte der herbstblühenden Knollen- und Zwiebelgewächse war meist sehr dürftig, viele von ihnen waren abgestorben und verschwunden; das nächste Jahr ließ noch größere Verluste erkennen, die erst durch die fortschreitende Fäulnis während des Winters in Erscheinung traten; schon im Herbst fanden sich bei einer ganzen Reihe aufgenommener Zwiebeln, besonders aus den Gattungen *Hyacinthus*, *Narcissus*, *Fritillaria*, aber auch an den Rhizomknollen von *Iris* usw. große Fäulnisherde, bei einigen *Hyacinthus* war beispielsweise der ganze Zwiebelboden faul, während die Zwiebelschuppen noch erhalten waren, sich aber alle einzeln herauslösen ließen.

Frühzeitiger Laubfall und mangelhafte Herbstfärbung.

Es ist vielfach zu beobachten, daß nach feuchten Sommern, namentlich, wenn diesen feuchte nebelige Herbsttage folgen, das Laub an manchen Bäumen frühzeitig, ohne jede Frosteinwirkung abgestoßen wird, und zwar unter Ausfall der sonst so charakteristischen Herbstfärbung in Gelb oder Rot. Für den Herbst 1907 beschreibt Graebner[1]) die Vorgänge an einer Anzahl ausländischer Gehölze. Von Straßenbäumen waren es namentlich die Roßkastanien, die bereits während der ersten Hälfte des Oktober an vielen Orten die Blätter fallen ließen, und zwar, soviel man hier in der Umgebung konstatieren konnte, an den feuchteren Stellen, während an den hochgelegenen Teilen der Straßen die Blätter bis zu den ersten Frösten

[1]) Graebner, P., Über einige nichtparasitäre Pflanzenkrankheiten des Sommers 1907. Jahresber. Ver. Angew. Bot. 1907, S. 229f (1908).

sitzen blieben. Auch in den Pflanzungen des botanischen Gartens und in Gärten der Umgebung Berlins war dies an einer Reihe strauch- und baumartiger Gewächse zu beobachten, und zwar waren es ausnahmslos solche Gewächse, die an natürlichen Standorten trockene Gelände bewohnen. So verloren beispielsweise eine ganze Anzahl von Leguminosen, besonders *Caragana*-Arten, *Robinia*, in sehr charakteristischer Weise einen großen Teil ihrer Blättchen vorzeitig. Ähnlich wurde der frühzeitige Laubfall notiert bei einer Reihe von *Prunus* (Kirschen- und Pflaumenarten), *Pirus*, namentlich Birnen, *Crataegus*, *Cotinus coggygria* usw. Bei diesen strauchartigen Gehölzen war die Erscheinung besonders deutlich gegen Ende des September und Anfang Oktober im Arboretum des Botanischen Gartens, wo die Arten nach ihrer systematischen Verwandtschaft in Gruppen zusammengepflanzt sind. Dort waren immer bestimmte Pflanzenarten der genannten Gattungen, die ganz zerstreut zwischen den übrigen standen, am Grunde von einem dichten Kranze gelben Laubes bedeckt und hatten nur noch wenige Blätter, meist an den Zweigspitzen, zu einer Zeit, als die übrigen noch vollbelaubt dastanden. Es scheint sicher, daß dieses frühzeitige Absterben des Laubes an diesen Pflanzen, die sonst keineswegs zu den frühreifenden gehören, auf die große Feuchtigkeit des Sommers zurückzuführen war; außer den abgestorbenen Wurzelspitzen konnte keine sichtbare Krankheitserscheinung gefunden werden. Alle gehörten, wie bemerkt, zu den Bewohnern trockenerer Orte.

Weiter war der Herbst des Jahres 1907 besonders ausgezeichnet durch die sehr schlechte Herbstfärbung derjenigen Gehölze, die durch ihre sonst prachtvollen Farben zu den Lieblingen der Gärten geworden sind. Wenigstens in der Umgebung Berlins war das Fehlen des Herbstlaubes an den meisten Orten außerordentlich deutlich. Selbst bei den amerikanischen Eichen (*Quercus coccinea*, *Qu. palustris* usw.), die bei uns in großen Mengen angepflanzt sind, ging bei den meisten die Färbung von Grün durch ein stumpfes Rotbraun in das Braun des Winters über. Unter den sonst prachtvoll gefärbten, ganz frei der Sonne ausgesetzten Gehölzen des Botanischen Gartens fehlte die Herbstfärbung mehr oder weniger bei *Morus*, *Liriodendron*, *Berberis*, *Thunbergii*, *Evonymus*, *Rhus*, *Ilex glabra*, *Cotinus coggygria*, *Acer rubrum*, *A. ginnala*, *A. negundo*, *A. campestre*, *Aesculus*, *Parthenocissus*, *Liquidambar styraciflua*, *Parrotia Persica*, *Spiraea Thunbergii* und *S. prunifolia*, *Itea Virginica*.

Einfluß feuchter Luft auf durch Trockenheit beschädigte Pflanzen.

Kirschbaumsämlinge, welche bei Sandkulturen eine lange Durstperiode ausgehalten hatten, zeigten alsbald eine Akkomodation an die verminderte Wasserzufuhr zu den Wurzeln. Sie verdunsteten, zunächst ohne ihren Habitus zu verändern, allmählich abnehmende Mengen von Wasser, bis der Sand etwa nur noch 4% seiner wasserhaltenden Kraft an Feuchtigkeit besaß. Von da ab begannen die Pflanzen zu welken; dabei hörte ihre Verdunstung aber auch fast ganz auf. Beispielsweise verdunstete bei einer Temperatur von 30° C und reichlicher Sonnenbeleuchtung ein Pflänzchen, das bisher etwa 8 g Wasser täglich verbraucht hatte, nur noch ein Dezigramm. Nach geeigneter Wasserzufuhr steigerte sich auch wieder langsam die Verdunstung. Wenn dagegen der Durstzustand zu lange anhielt, vertrockneten die Blätter von den Spitzen herab, anfangs ohne sich zu verfärben.

Wurden nun die Pflanzen, nachdem sie begossen, in feuchte Luft gebracht, so erholten sie sich nicht, während die unter der trockenen Glocke ihre oberen ausgebildeten Blätter wieder hoben und auch die noch nicht ganz vertrockneten Basalteile der älteren Blätter von neuem turgeszent werden ließen. Die Verdunstung richtete sich auch wieder langsam ein. Man muß also übermäßig trockene Töpfe nach dem Begießen an ihrem Standort belassen und nur etwas beschatten, aber nicht die Pflanze durch Überführung in eine mit Feuchtigkeit fast gesättigte Luft zu gänzlicher Untätigkeit herabstimmen.

Muth berichtet[1]) über das Absterben von Gurken, die unter sehr heißem und trockenem Wetter gelitten hatten und dann durch eine Periode häufiger und reichlicher Niederschläge zum Welken gebracht wurden. Durch den plötzlichen Wechsel entstanden Stengelrisse usw., die dann leicht von pflanzlichen und tierischen Parasiten befallen wurden. Ähnliche Erscheinungen wurden mehrfach im Dahlemer Botanischen Garten beobachtet. Vgl. auch S. 259, 262 ff. bei Wasser- und Nährstoffmangel.

Korkwucherungen.

Überall da, wo Kork als normale Gewebeform gebildet wird, kann durch besondere Umstände eine abnorme Steigerung, als Wucherung auftreten. Auch die reguläre Korkbildung ist in den verschiedenen Jahreszeiten in wechselnder Stärke zu beobachten. Erinnert sei an die gewöhnlichen Rindenporen mit ihren abgerundeten, durch Intercellularen getrennten Füllkorkzellen; diese Zellen, welche lange Cellulosereaktion behalten, werden während der Vegetationszeit aus einer Verjüngungsschicht stets neu erzeugt. Im Winter, wo der Gasaustausch der ruhenden Rinde ein minimaler ist, wird die Produktion des Füllgewebes sistiert; es hat sich im Herbst aus der Verjüngungsschicht statt der rundlichen Füllkorkzellen ein Verschluß von normalem Tafelkork gebildet. Bei dem Erwachen der Rindentätigkeit im Frühjahr bildet das Korkcambium wieder Füllkork, der die winterliche Verschlußschicht der Lenticelle sprengt, gerade so, wie er bei der ersten Anlage der Rindenporen die Epidermis gesprengt hatte, unter der er zuerst gebildet worden war. Je feuchter die Luft wird, desto mehr treten die wasseranziehenden, sich streckenden Füllzellen über die Oberfläche der Rinde hervor. Bekannt sind die strichförmigen, mehlartigen, abwischbaren, weißen Polster, die an feuchten Standorten bei gesteigerter Luftfeuchtigkeit und Verminderung der Transpiration der Laubkrone an den glattrindigen Stämmen der Kirschen und Erlen hervorquellen. Oben S. 170ff. wurde von den Korkwucherungen als Folge schlechter Bodendurchlüftung gesprochen; daß dort unter den Polstern der Moose und Flechten neben dem Mangel an Sauerstoff auch die lokal entstehende dunstgesättigte Luft bei der Entstehung und Vergrößerung der Luftkrankheitserscheinungen mitwirkt, ist verständlich.

An der Basis starker Blattstiele von *Juglans regia*, *Sambucus nigra*, *Ailantus glandulosa*, *Paulownia tomentosa* und anderen Bäumen lassen sich im Hersbt den Lenticellen äußerst ähnliche Gebilde beobachten; nur fehlt bei ihnen die Verjüngungsschicht[2]). Spätere Untersuchungen[3])

[1]) Muth, Fr., Über das Verwelken der Gurken in diesem Sommer. Zeitschr. f. Wein-, Obst- und Gartenbau 1910, S. 143.

[2]) Stahl, Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticellen. Bot. Zeit. 1873, Nr. 36.

[3]) Poulsen, Om Korkdannelse paa Blade. Kjöbenhavn 1875.

haben gezeigt, daß nicht nur die Blattstielbasis, sondern bei manchen Pflanzen die Nerven auf der Blattunterseite (*Ficus stipulata*), ja schließlich auch die Blattflächen, Korkpolster entwickeln können.

Obgleich nun diese Korkbildung auf der Blattfläche eine fast ebenso verbreitete Erscheinung wie die auf den Blattstielen ist, mit welcher sie in Bau und Entwicklung sehr viel Übereinstimmendes hat, so ist trotz der weiten Verbreitung doch in diesen Bildungen ein pathologisches Moment nicht zu verkennen.

Man kann bei diesen Korkwucherungen auf Blättern zwei Typen unterscheiden[1]). Entweder liegt die Korkfläche mit ihren Teilungswänden und ihrem meist einschichtigen Phellogen parallel zur Blattfläche in derselben Ebene, und dann erheben sich die Korkpolster über die Blattfläche in Form von Schwielen usw.; oder aber die Korkschicht und speziell ihr Phellogen liegt in Form einer uhrglasförmig eingesenkten, meist sich immer mehr vertiefenden Zone im Blattinnern. Manche Pflanzen haben beide Bildungen auf demselben Blatte. Gegenüber der Konstanz, die sich in betreff des Ortes seiner Entstehung und seiner Ausbildung bei dem Stengelkorke geltend macht, ist hier bei den Blattkorkwucherungen das Zufällige hervorzuheben. Abgesehen davon, daß die beiden vorerwähnten Typen auf demselben Blatte vorkommen können, gibt es zwischen beiden Typen noch Übergänge; ja, die Korkwucherungen können auf demselben Blatte in verschiedenen Schichten entstehen (meist beginnen sie in der subepidermalen Lage) und verschiedenen Entwicklungsgang haben (Bachmann).

Das äußere Aussehen dieser Korkbildungen auf Blättern, die bei Gymnospermen, Mono- und Dikotyledonen auftreten können, ist sehr verschieden. Bald sind es kleine Hügel, bald Korkplatten oder -streifen von größerer Ausdehnung. Bisweilen führen die Korkwucherungen aber auch zur Bildung von Löchern, die das ganze Blatt durchbohren können (*Ilex*, *Ficus elastica*, *Pelargonium*, *Zamia*, *Ruscus*, *Camellia axillaris*, *Peperomia obtusifolia*, *Eucalyptus Gunnii* und *E. globulus* usw.). Die Anfänge der Durchbohrung zeigen sich in Form gelblicher Punkte. Bei Blättern mit großen Intercellularräumen geht der Korkbildung ein Wachstum der Parenchymzellen vorher derart, daß die Intercellularräume durch die Zellausstülpungen ausgefüllt werden. Wenn Zellen mit etwas dickeren Wandungen durch wiederholte Teilungen in Korkzellreihen umgewandelt werden, so verlieren die Zellwände ihre ursprüngliche Dicke. Häufig erfahren auch die Korkzellen, wenn sie erst die Epidermis gesprengt haben, noch eine nachträgliche Streckung; die äußeren strecken sich zuerst.

Bei *Zamia integrifolia* sieht man braune, den Nerven parallel verlaufende Streifen auf den einzelnen Fiederchen, die später in diesen Streifen stückweise oder der ganzen Länge nach einreißen. Die Streifen sind Korkgewebe, die nicht etwa nach dem Zerreißen der Fiedern entstehen und also Wundkork darstellen, sondern sie sind schon im jüngeren Blatte angelegte Bildungen. Auf älteren Blättern von *Dammara robusta* sind die Unter- und mehr noch die Oberseite mit Korkwucherungen bedeckt, welche in der Regel klein und niedrig bleiben. Im Jugendzustande stellen sie kleine, rote Flecke auf der grünen Blattfläche dar und werden später,

[1]) Bachmann, Über Korkwucherungen auf Blättern. Pringheims Jahrb. XII, 1880, Heft 2, S. 191.

wenn sie sich hügelartig erheben, braun; zuletzt finden in der Epidermis und den nachfolgenden Korkschichten Aufreißungen statt. Bei *Araucaria Cunninghamii* und seltener bei *A. Bidwillii* finden sich an älteren, vorjährigen Blättern kleine Korkhügel, die zu Leisten miteinander verschmelzen können. Bei *Sciadopitys verticillata* und *Cryptomeria Japonica* treten an älteren Blättern auch bisweilen kleine Korkwärzchen auf; häufiger (aber meist nur auf der Unterseite) lassen sich solche Bildungen an den breiten Blättern der *Sequoja sempervirens* erkennen. Störend sind in den Handelsgärtnereien kleine punktförmige Korkwärzchen bei *Cyclamen persicum* und die landkartenähnlichen Zeichnungen auf der Blattoberseite bei *Pelargonium peltatum* und bei verschiedenen Arten von Blattbegonien usw. Alle diese Korkwucherungen haben sich bis jetzt nur in den feuchten Warmhäusern und Mistbeetkästen auffinden lassen.

Von den Monokotylen zeigen Korkbildungen, die in das Blatt hineindringen: *Clivia Gardenii* und *Clivia nobilis, Pandanus reflexus, Dichorisandra oxypetala, Billbergia iridifolia, Vanilla planifolia,* und andere Orchideen. Die beobachteten Korkwucherungen auf den Blättern finden sich nicht bei allen Exemplaren in gleicher Menge, nicht auf allen Blättern derselben Pflanze in gleicher Ausdehnung und nicht in allen Jahren in derselben Entwicklung. Man muß daher schließen, daß besondere Umstände derartige Korkbildungen veranlassen. Soweit die Erfahrung reicht, ist es meist ein Überschuß an Feuchtigkeit in der Luft bei anhaltender hochgradiger Wasserzufuhr durch die Wurzeln und abnehmender Lichtintensität; daß aber bei langsam wachsenden Pflanzen auch die erhöhte Nährstoffzufuhr allein solche Erscheinungen hervorrufen kann, wurde oft z. B. an *Clivia* in der trockenen Luft der Zimmer beobachtet.

Korksucht der Kakteen.

Diese Krankheit, die bei importierten Kakteen manchmal zu finden ist, bei den in Europa gezogenen Pflanzen aber zur ständigen Sorge der Züchter geworden ist, besteht bei den verschiedensten Kaktusarten in dem Auftreten trockener, papierartig aussehender Stellen. Sie beginnen in Form bald rostgelber, bald grün bleibender, etwas glasig aussehender Flecke und breiten sich entweder zu großen, korkfarbigen Flächen aus oder werden zu Vertiefungen, die wie vernarbte Fraßstellen erscheinen. Speziellere Studien machte Sorauer an *Cereus flagelliformis.* Bei schwerer Erkrankung erschienen zwar die Stengelspitzen noch frisch und grün, aber in kurzer Entfernung von der Spitze begann eine Zone rostfarbiger Flecke, die meist unterhalb eines Stachelpolsters ihren Anfang nahm. Die Flecke verschmolzen allmählich zu einer rostigen Fläche, die hier und da schülfrig aufriß.

An dem gesunden Teil bestand das Oberhautgewebe aus zwei Lagen von unregelmäßig vier- bis sechsseitigen Zellen mit verdickter, stark cuticularisierter Außenwand. Unter dieser Doppelschicht lag eine einzige Reihe tangential gestreckter, collenchymatisch verdickter Zellen, auf welche das chlorophyllführende Rindengewebe mit äußerst zahlreichen Kristallen von oxalsaurem Kalk folgte. An den rostfarbigen Stengelstellen hatte sich in den Oberhautzellen Korkbildung eingefunden. Die teils mauerförmig, teils unregelmäßig gelagerten Korkzellen traten allmählich kappenartig hervor und rissen schließlich am Gipfel des Hügels entzwei, wobei die cuticularisierte Außenwand der oberen Epidermislage gesprengt wurde.

Bei anderen Cereusarten erschienen einzelne Seiten des Stengels auf größere Strecken weißlich und trocken. Hier hatten sich in den an den Stengelkanten papillös vorgezogenen, an den Stengelflächen ebenen Epidermiszellen Korklagen gebildet. An jungen Flecken bemerkte man eine Veränderung des Rindenparenchyms; die äußeren Zellen waren nicht mehr ausgeprägt collenchymatisch und tangential gestreckt, sondern mehr in radialer Richtung verlängert, dünnwandig, chlorophyllarm und teilweise gefächert. Durch diese Streckung drückten die Zellen der Rinde das Korkgewebe nach außen hervor und verursachten auf diese Weise weißlich aussehende Blasen oder Schwielen.

Bei den Gattungen *Opuntia* und *Phyllocactus* tritt die zweite Art der Korkwucherung, welche zur Bildung vertiefter Stellen oder zur gänzlichen Durchlöcherung führt, mehr in den Vordergrund. Die beistehende, von einem *Phyllocactus* stammende Abbildung 111 läßt beide



Abb. 111. Stammstück eines *Phyllocactus*, das unterseits Korkwucherungen in Schwielen zeigt, während auf der Gegenseite der Durchlöcherungsprozeß beginnt. (Orig. Sorauer.)

Vorgänge der Korkwucherung erkennen. Auf der Unterseite sehen wir die schwieligen Vorwölbungen, auf der Oberseite die beginnende Durchlöcherung.

Der flache Stengel zeigt im Querschnitt außerhalb des Gefäßbündelkörpers den fleischigen Rindenkörper, der an den gesunden Stellen mit Stärke (*st*) erfüllt ist und zahlreiche Schleimzellen (*s*) und Kalkoxalatprismen und Drusen (*o*) enthält. Bei Beginn der Schwielenbildung ist ein Teil des Rindenparenchyms unter Verbrauch der Stärke in Streckung und Fächerung eingetreten und hat die Epidermis vorgewölbt. Die inhaltsarmen, peripherischen Gewebe (*i*) beginnen abzusterben, und eine Tafelkorklage (*t*) grenzt das tote, in den Intercellularen stark lufterfüllte Gewebe von dem noch saftigen ab. Damit kommt der Krankheitsprozeß zur Ruhe, und der Stengel erscheint mit papierartig-trockenen Flecken besetzt. Wenn dagegen der Faktor, der die Entstärkung und Streckung des Rindenparenchyms einleitet, nicht in seiner Wirksamkeit erlischt und größere Partien absterben, reißt schließlich die Oberfläche des abgestorbenen Ge-

webes entzwei, und es bilden sich Löcher (*l*), die sich allmählich immer mehr vertiefen, indem die Tafelkorkbildung (*t*) immer weiter nach innen zu fortschreitet. Bei *r* ist die Veränderung des Inhalts der Rindenzellen, die zur Korkbildung Veranlassung gegeben hat, am frühesten und intensivsten aufgetreten und schreitet dort auch am schnellsten in das Blattinnere hinein fort.

In Abb. 112 lernen wir die ersten Veränderungen der Gewebe kennen, welche sowohl die Korkschwielen als auch die Durchlöcherungen einleiten. Wir haben ein Stück Rindengewebe von *Phyllocactus* vor uns, das sich durch eine kaum merkliche Verfärbung ins Gelbe und äußerst schwache Vorwölbung von der gesunden Umgebung unterscheidet. Es bedeutet *e* die Epidermis, *l* die collenchymatisch verdickten Zellen, *o* Kalkoxalatkristalle. Die Veränderung beginnt in der unmittelbaren Nähe der Gefäße *g* an dem zarten Nervenstrange, welcher das saftige Parenchym durchzieht. Die dunkleren Tupfen in dem Parenchym deuten die Chlorophyllkörner an, welche entweder in normaler, wandständiger Lagerung sich befinden oder innerhalb großer, stark lichtbrechender Inhaltstropfen (*o*) zusammengezogen liegen. Der Erkrankungsprozeß beginnt damit, daß (wahrscheinlich infolge einer Häufung abbauender Enzyme und Steigerung des Säuregehaltes) die Zellen der Gefäßbündelscheide (*gs*) und dann der weiteren Umgebung (*i*) an Inhaltsstoffen verarmen und dabei sich strecken. Es entsteht somit eine „innere Intumeszenz", die, wenn sie bis in die Nähe der Oberfläche fortgeschritten ist, die Korkbildung einleitet. Greift die Verarmung des Zellinhalts weiter nach rückwärts in die innere Rinde hinein, so wird immer mehr Kork gebildet. Da derselbe bei dem Wachstum des Organs der Streckung nicht folgen kann, so muß er zerreißen. Bei der Bildung oberflächlicher Schwielen werden dieselben schließlich gesprengt. Bei der nach der Tiefe fortschreitenden Korkbildung aber reißt der Korkzylinder lochartig auf, und es entstehen tiefe Gruben, die zur vollkommenen Durchlöcherung führen können.

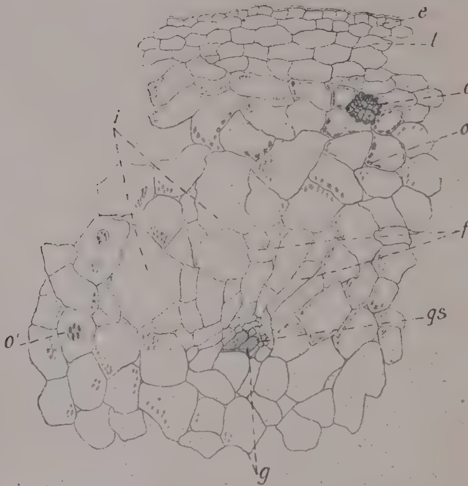


Abb. 112. Anfangsstadium der Korkwucherungen bei *Phyllocactus*. (Sorauer.)

Zerfressene oder gefensterte Blätter[1]).

An zahlreichen Pflanzen (vgl. S. 449) findet man mitunter die Blätter vielfach durchlöchert, als ob ein Tier die Substanz zwischen den Rippen herausgefressen hätte, ohne daß aber ein tierischer Schädiger aufzufinden wäre; der Vorgang pflegt sich sogar in seiner Intensität zu steigern. Es können dann derartig extreme Fälle eintreten, daß einzelne Blätter fensterartig durchbrochen erscheinen, indem nur das Rippennetz mit schwachen

[1]) Äußerlich mitunter etwas ähnliche Erscheinungen durch Frost s. unten Wärmemangel.

Säumen von Blattparenchym noch übrig bleibt. Derartige Blätter sind nicht selten verbogen und gekräuselt, sterben aber nicht vorzeitig ab. Die Triebe selbst lassen keine Erkrankung erkennen und entwickeln häufig in den Achseln der gefensterten Blätter neue Sprosse mit normaler Belaubung.

Ein extremer Fall z. B. betraf Kartoffeln, deren Triebe zu Anfang des Monats Juli an einzelnen Stauden nur durchlöcherte Blätter zeigten (s. Abb. 113). Während meist die unteren nur vereinzelte Löcher besaßen, waren die oberen in den Intercostalfeldern lang zerspalten und durch Zerstörung der Randpartien mannigfach zerschlitzt. Manchmal sahen die jüngeren Blätter federartig aus, da die einzelnen Teilblättchen nur aus den Rippen mit ganz schmalem Saum bestanden.



Abb. 113. Kartoffelblatt infolge krankhafter Korkbildung durchlöchert. (Orig. Sorauer.)

Zwischen den Durchlöcherungen bemerkte man in den Blattflächen bei durchfallendem Lichte vergilbte Punkte, und diese erwiesen sich als die Anfangsstadien eines Verkorkungsprozesses, der mit Durchbohrung der Blattfläche endete. Die Korkbildung erfolgte in der Art, wie sie im vorhergehenden allgemeinen Abschnitt beschrieben worden ist. Sie erwies sich aber nicht als das Primäre, sondern war erst eine Folgeerscheinung. Die ersten Anzeichen der Erkrankung bestanden in dem Verblassen einzelner Mesophyllgruppen, meist in der Nähe feiner Nervenäste. Das Palisadenparenchym war häufiger als das Schwammparenchym beteiligt. In einzelnen Fällen bemerkte man an Stelle des Verbleichens eine Braunfärbung des Zellinhalts, begleitet von Verkorkung der Wandungen. Die Epidermis folgte in ihren Veränderungen den Mesophyllgruppen und es entstanden kleine abgestorbene Gewebeherde, die sich nicht weiter veränderten.

In den Gruppen von Zellen, welche durch Auflösung ihres Chlorophyllkörpers die durchscheinenden Blattstellen verursacht hatten, zeigte sich eine Vergrößerung, durch welche die unbeteiligt bleibende Epidermis vorgewölbt wurde. In den vergrößerten Mesophyllzellen stellte sich nun Korkbildung ein. Dabei brach die verkorkte Stelle auf. Durch das Fortschreiten dieser Vorgänge rückwärts in das Blattfleisch hinein vertieften sich die Korkherde bis zur vollständigen Durchlöcherung. Dieselbe wird verständlich, da es sich um jugendliche Blätter handelt, die durch ihr Wachstum alle Gewebe spannen und diejenigen, die durch Verkorkung der Ausdehnung nicht folgen können, zum Zerreißen bringen.

Der Vorgang ist also im Prinzip derselbe wie bei den Stämmen der Kakteen.

Auch bei den anderen Pflanzen, welche Durchlöcherungen der Blätter aufweisen, lassen sich als Anfangsstadien die Verarmung und Vergrößerung einzelner Zellgruppen erkennen, und es reihen sich daher diese Fälle naturgemäß an die Erscheinungen an, die im folgenden als Intumeszenzen beschrieben werden sollen. Dort wird auch auf die Ursachen noch einmal näher eingegangen werden.

Bei dem Zustandekommen der Durchlöcherungen spielt die individuelle Ernährung eine Hauptrolle, denn man findet oft an denselben Standorten Exemplare, die gänzlich „zerfressen" aussehen, neben nahezu normal bleibenden Pflanzen. Nach Beobachtungen in dem feuchten (wenn auch regenarmen) Sommer 1919 scheint neben der Luftfeuchtigkeit auch die mangelnde Wärme besonders der Nächte bei der Durchlöcherung der Blätter mitzuwirken, besonders bei *Pelargonium* usw.[1]).

Warzen an Stielen und Stengeln.

Die Begünstigung der Lenticellenbildung durch größere Feuchtigkeit infolge verminderter Verdunstung ist bereits S. 170, 347 erwähnt worden; aber auch ohne sonstige Störung des Pflanzenkörpers ist solche beobachtet worden. So erwähnt Stapf[2]) bei seinen Studien über die Kartoffelpflanze, daß sich die Spaltöffnungen zu Lenticellen entwickeln, wenn die Transpiration aufgehoben wird. Ferner fand Haberlandt[3]), daß bei horizontalen Zweigen verschiedener Bäume (Linde, Ulme, Gleditschie u. a.) die Lenticellen an der Unterseite stets zahlreicher als an der Oberfläche auftraten, obgleich eine Zählung der Spaltöffnungen auf beiden Seiten annähernd dieselbe Menge erkennen ließ. Die dem Erdboden zugeneigte Zweigunterseite wird sicherlich bei der größeren Nähe des Erdbodens und der geringeren Luftzufuhr eine geringere Transpiration als die Oberseite besitzen.

Wenn diese Lenticellenbildung bis ins Krankhafte gesteigert wird, ergeben sich in der bekannten Weise Korkwucherungen und Warzenbildungen. So ist z. B. das Auftreten von Korkwarzen an Beerenstielen der Weintrauben nur bei feuchter Luft beobachtet worden. In

[1]) Vgl. auch Lingelsheim, A., Eine neue Krankheitserscheinung an Kultur-Pelargonien. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVI (1916), S. 375—78.

[2]) Stapf, Beiträge zur Kenntnis des Einflusses geänderter Vegetationsbedingungen usw. Verh. d. Zool.-Bot. Ges. Wien, XXVIII (1878), S. 231; vgl. Bot. Jahresb., VI (1878), Abt. I, S. 214.

[3]) Haberlandt, Beiträge zur Kenntnis der Lenticellen. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. LXXII, Abt. I, Juliheft 1875.

Abb. 114 finden wir zwei Beeren, deren Stiele ein gebräuntes, holperiges Aussehen durch das Auftreten vieler korkfarbiger, dichtgestellter Wärzchen zeigen. Die Erscheinung tritt schon auf, ehe die Beeren ihre normale Größe erreicht haben.

Die Warzen sind an der Ansatzstelle der Beeren am reichlichsten entwickelt; stärkere Äste der Fruchtspindel pflegen glatt zu bleiben, und es zeigen in der Regel auch nur einzelne Trauben eines Stockes die Erkrankung. Dieselbe ist, solange warme, trockene Witterung herrscht, bedeutungslos; sie wird erst gefährlich, wenn bei anhaltend feucht-warmem Wetter Parasiten sich einnisten. Folgt dann eine scharfe Trockenperiode, so schrumpfen einzelne stark warzige Stielchen und die dazu gehörigen Beeren.

In Abb. 115 sehen wir den Querschnitt durch einen warzigen Beerenstiel, der den gewöhnlichen Bau der Achse zeigt, aber einzelne auffällig weite Markstrahlen (*ms*) besitzt, die den Holzring (*h*) zerklüften. Im Rindenkörper be-



Abb. 114. Weinbeeren mit Korkwarzen (*W*) am Fruchtstiel. (Orig. Sorauer.)

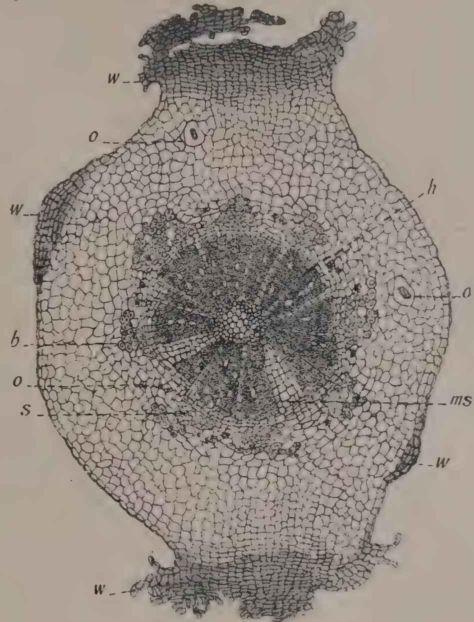


Abb. 115. Querschnitt durch den warzigen Fruchtstiel einer Weinbeere. (Orig. Sorauer.)

merken wir in regelmäßiger Verteilung die Hartbastgruppen (*b*) und vor ihnen die Siebelemente (*s*) mit oftmals dick verquollenen Wandungen. Bei *o* sind die reichlich vorhandenen Kalkoxalatkristalle angedeutet; dieselben treten teils als kleine Drusen, teils als Raphidenbündel auf. Die verschiedenen Stadien der Korkwarzenbildung sind mit *w* bezeichnet. Die warzigen, den Lenticellen ähnlichen Auftreibungen entstehen dadurch, daß einige direkt unterhalb der Epidermis oder etwas tiefer liegende Rindenparenchymzellen sich radial vergrößern und die Oberhaut leicht vorwölben. Durch Steigerung dieses Vorganges, wobei Fächerung der gestreckten Zellen nicht ausgeschlossen ist, entsteht ein Gewebehügel, dessen verkorkende Kappe sich schließlich bräunt und entzweireißt. Durch die Vermehrung des Rindenparenchyms und Absterben der äußeren braunen, verkorkten Elemente entstehen die größeren Warzen, deren peripherische Zellagen schalenförmig auseinanderweichen. Es bildet sich dabei ein deutliches Korkkambium aus, das mit dem Ab-

sterben der äußeren Schichten rückwärts immer tiefer in die Rinde des Beerenstiels hineingreift. Bleibt die Witterung dauernd trübe, warm und feucht, oder sind die Trauben zu stark unter dem Laube versteckt, so ist für die Ansiedlung von Mycelpilzen, unter denen *Botrytis cinerea* in erster Linie bemerkbar wird, die günstige Gelegenheit geschaffen.

Die Erscheinung ist namentlich in den Treibhäusern zu finden, und hier muß die geschlossene, feuchte Atmosphäre durch Lüften bei gleichzeitigem Heizen verbessert werden. Zeigen sich warzige Beerenstiele im Freien, lichte man das vor den Trauben befindliche Laubwerk stärker aus und schüttle nach jedem Regen das von demselben festgehaltene Wasser sorgfältig ab.

Als Begleiterscheinung der Korkwarzen beobachtete Sorauer einmal bei jungen Weinblättern am Grunde zwischen stärkeren Seitenrippen lippenartig einander gegenüberstehende Flügel der Blattfläche. Diese

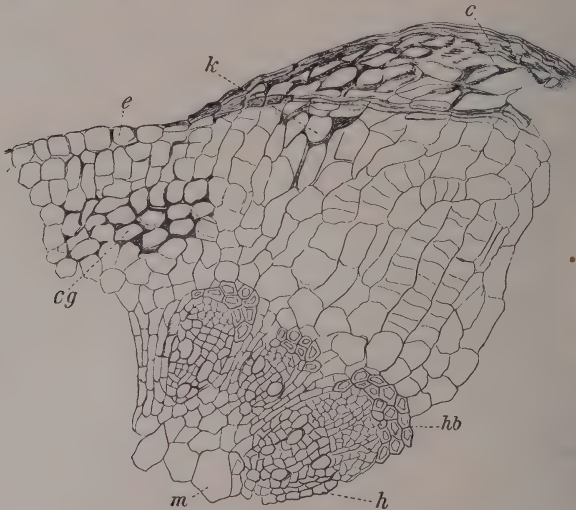


Abb. 116. Teil einer knötchenförmigen Intumeszenz am Stiel einer Weinbeere. (Orig. Sorauer.)

Auswüchse (Emergenzen) waren durch Aufbrechen der Blattfläche (meist über einem Gefäßbündel) entstanden.

Eine andere Form der Knötchenbildung an den Stielen der Weinbeere zeigt der Querschnitt Abb. 116. Die den Holzring des Beerenstiels bildenden Gefäßbündel sind mit *h* bezeichnet; *m* ist der Markkörper, *h b* der Hartbast, bis zu welchem die abnorme Veränderung des Rindenparenchyms zurückgreift. Dieselbe zeigt sich in einer Ausweitung und schließlich radialen Überverlängerung des unterhalb der collenchymatischen Elemente liegenden Parenchyms, dessen Zellen sich nachträglich gefächert haben. Durch diese Überverlängerung wird das Collenchym (*c*) zusammengedrückt und, ohne vorher an der Streckung teilgenommen zu haben, samt der Epidermis zum Absterben gebracht. Die normale Epidermis erkennt man bei *e*; *k* ist die an der Grenze des absterbenden Gewebes sich bildende Korkzone. Letztere ist übrigens nicht immer zu finden; manchmal geht das absterbende unmerklich in das sehr dünnwandige, noch lebende Gewebe über, das an der Übergangsstelle schwach verkorkte Wandungen zeigt. *c g* normales, hier

gruppenweise und nicht in zusammenhängendem Ringe auftretendes Collenchym. Die Fächerung und Überverlängerung des Rindenparenchyms und das Fehlen von Korkwucherungen unterscheidet diese knotenförmigen Intumeszenzen von den Korkwarzen, die im Jugendstadium große Ähnlichkeit mit jenen haben.

Anhangsweise sei hier noch das Chagrinieren der Rosenstämme angeführt. Die hochstämmigen Rosen werden bekanntlich über Winter niedergelegt und mit Reisig oder Erde zugedeckt. An jungen, noch glattrindigen Stämmen findet man bisweilen im Frühjahr bei dem Herausheben aus der Erde dieselben mit kleinen Warzen besät, von denen eine Anzahl in der Regel mit einem bleichen oder braunroten Hof umsäumt ist. Die Warzen sind Lenticellenwucherungen. Dieselben beginnen unterhalb der Spaltöffnungen und treiben die Schließzellen auseinander. Dort, wo ein verfärbter Hof sich vorfindet, ist Mycel nachweisbar. Diese Erscheinung ist naturgemäß die gleiche, wie sie S. 170 bei der Lohkrankheit aufgeführt wird.

Gelbsprenkelung.

Bei Monokotyledonen mehr als bei Dikotyledonen erscheinen die Blätter bisweilen mit gelben oder rötlichbraunen Fleckchen übersät. Die Sprenkelung beginnt von der Spitze aus, und die Zahl der Flecke, die in der Regel durch eine blasse Randzone in die sonst normal grün bleibende Blattfläche übergehen, kann sich bei Beginn der Krankheit dadurch vermehren, daß zwischen den erst entstandenen noch neue kleine Fleckchen sich ausbilden. Ein Verschmelzen derselben ist seltener. Bisweilen ist mit der Verfärbung eine Auftreibung des Gewebes verbunden, und es zeigt sich dann ein deutlicher Übergang zu den eigentlichen Intumeszenzen[1]).

Die Gelbsprenkelung (Aurigo) tritt besonders bei Glashauspflanzen auf, und unter diesen begegnen wir der Erscheinung am häufigsten bei Dracaenen, Palmen und Pandanusarten.

Um ein Beispiel zu geben, wie diese Flecke sich ausbilden und unter Umständen bis zur Blattdurchlöcherung fortschreiten können, seien einige Beobachtungen an *Pandamus Javanicus* angeführt.

Die Flecke entstehen stets in einer zwischen zwei Rippen liegenden Mesophyllpartie, die nach der Blattoberseite hin den Charakter des Palisadenparenchyms, an der Unterseite den des Schwammparenchyms aufweist, in der Mitte aber aus sehr zartwandigen, nahezu isodiametrischen, mit farblosem, wässerigem Inhalt erfüllten, etwa sechsseitigen Zellen besteht.

Von dieser innersten, farblosen Gewebegruppe beginnen die peripherischen, also dem chlorophyllführenden Mesophyll angrenzenden Zellen sich nach der Seite des geringsten Widerstandes, d. h. nach dem Zentrum hin übermäßig zu strecken, wobei sie häufig die zentralen Stellen zusammendrücken. Nicht selten erfolgt die Streckung nur in den direkt nach oben und nach unten gerichteten, aber nicht in den seitlichen Zellen der zartwandigen Gruppe, und es entsteht dadurch eine eigentümliche Lagerung. Die zentrale Partie des Gewebes besteht dann aus radial gestellten, schlauchförmig ausgezogenen, oft durch Quellung dickwandiger gewordenen, inhaltlosen Zellen, die später braun werden und verkorken. Bei zunehmender Intensität wird das Schwammparenchym unter Auflösung

---

[1]) Sorauer, P., Über Gelbfleckigkeit. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik IX, Heft 5.

seines Chlorophyllkörpers in diesen Streckungsprozeß hineingezogen; sein Inhalt zerfällt zu braunkörniger Substanz, und damit wird die gelbe Färbung intensiver. Mit dem Hineinziehen des chlorophyllreichen Gewebes in den abnormen Streckungsprozeß erhebt sich die Blattoberfläche oft schwielenartig.

Häufig bleibt mit der Verkorkung der gestreckten Zellelemente der Krankheitsprozeß stehen, und wir haben dann eben nur gelbe, im jugendlichen Stadium sogar erst bei durchfallendem Lichte erkennbare Flecke. Der ganze Erkrankungsherd kann dabei durch eine Zone wirklicher Korkzellen vom gesunden Gewebe abgeschnitten werden. Bei fortschreitender Intensität der Erkrankung, bei welcher schließlich sogar die Zellen der Gefäßbündelscheibe unter Quellung ihrer Wandungen mit nachfolgender Bräunung an der Überverlängerung teilnehmen können, sprengen die sich streckenden Mesophyllzellen die darüberliegende Epidermis. Es folgen dann die Vorgänge, welche bei den Durchlöcherungserscheinungen bereits beschrieben worden sind. Äußerlich ähnlich aussehende Pilzerkrankungen lassen sich bei Pandanus leicht unterscheiden, da dabei die Zellstreckungen fehlen. Bei *Dracaena rubra* und *D. draco* beschränkt sich der Krankheitsprozeß bisweilen nur auf den Zerfall des Chlorophylls in den inneren Zellgruppen; hier wurden mehrfach Membranen mit perlig in das Zellinnere vorspringenden Quellungsstellen wahrgenommen. Bei *Dracaena indivisa* beobachtete Sorauer während der Verfärbung der Krankheitsherde, daß bei der Auflösung des Chlorophylls reichlich Zucker in den Zellen nachweisbar war, der im gesunden Gewebe sich nicht zeigte und in dem Krankheitsherde verschwand, sobald Bräunung und Verkorkung der Wandungen eintrat.

Die Gelbsprenklichkeit erweist sich somit in vielen Fällen als Vorstadium der eigentlichen Intumeszenzen, in anderen aber, wie z. B. bei den Dracaenen, bleibt sie meist als selbständiges Krankheitsbild bestehen, und hier weisen das vorübergehende Auftreten von Zucker und die perligen Membranquellungen auf dieselben Ursachen hin, welche bei der Überverlängerung von Zellen zur Wirkung gelangen. Bei der praktischen Behandlung hat man sich zu vergegenwärtigen, daß die Pflanzen, welche Aurigo zeigen, unter einer Wasserzufuhr leiden, die sie nicht bewältigen können, wie es ähnlich schon beim Wasser und Nährstoffüberschuß als Ursache der Wassersucht usw. (vgl. S. 363ff.) beschrieben wurde, nur daß hier die gehemmte Verdunstung der Grund ist. Die Wasserabgaben brauchen gar nicht stärker wie früher zu sein; aber sie werden den Pflanzen verabreicht, wenn ihre Assimilationstätigkeit herabgedrückt ist und die äußeren Verhältnisse nicht dazu angetan sind, dieselbe zu heben. Die Flecke treten nämlich vorzugsweise im Herbst und Winter auf, wenn die Pflanzen in warme und feuchte Räume gebracht werden. Sie haben dann wohl Wärme und Wasser nebst mineralischen Nährstoffen, aber nicht Licht genug. Man muß deshalb die Pflanze kühler, trockener und möglichst hell stellen.

Blattpolster.

Nicht zu verwechseln mit den eigentlichen Korkbildungen sind die Polsterbildungen (Intumeszenzen[1]). Es sind hügelartige, erst im Alter

---

[1]) Vgl. auch die ausführliche Darstellung bei Küster, Pathol. Pflanzenanat., S. 83ff. unter „Hypertrophie“.

sich bräunende Erhabenheiten, die meist an den Blättern, aber, wie soeben am Weinstock gezeigt wurde, auch an Stielen an verschiedenen Pflanzen zu finden sind und den S. 362 besprochenen Rindenwarzen analoge Erscheinungen sind. Bei *Dracaena* (*angustifolia* u. a.), *Cassia* (*tomentosa*), *Acacia* (*semperflorens* u. a.) sind derlei Erscheinungen nicht selten. Die Ursache liegt aber nicht in Korkbildung, sondern in der Streckung von Zellen des Blattparenchyms. Bald sind es die Palisadenzellen (*Acacia*), bald auch noch tiefer liegende Schichten (*Dracaena*), die sich bis zur Schlauchform verlängern können und in extremeren Fällen durch Tangentialwände geteilt werden.

Eine sehr einfache Form der Intumeszenz resp. der „Wassersucht“ stellen die kugeligen „Perldrüsen“ mancher Vitaceen (*Parthenocissus*, *Cissus* usw.) dar, die aus den Spaltöffnungen als wasserhelle Kügelchen oft in großer Menge hervorbrechenden Gebilde an Stengeln und Blattstielen[1]). Man sieht sie stets an feuchten und schlecht belichteten Stellen.

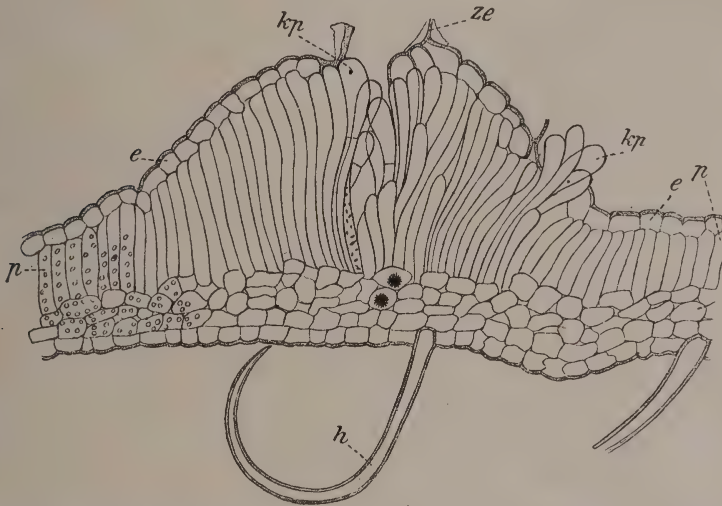


Abb. 117. Blattintumeszenz bei *Cassia tomentosa.* (Orig. Sorauer.)

Besonders auffallend erschien die Bildung bei einer *Cassia tomentosa* (Abb. 117), die im Warmhause stand und ein gesundes Aussehen hatte. Im Januar 1879 zeigten die jungen Triebe Blätter, welche sich nicht ganz flach ausbreiteten, sondern die Fiederchen nach unten gekrümmt erscheinen ließen. Die Krümmung der Ränder gegeneinander war durch das gesteigerte Wachstum der Oberseite der Fiederchen, auf welcher sich pustelartige Auftreibungen fanden, hervorgerufen. Je weniger Auftreibungen, desto flacher das Blattfiederchen, und desto mehr fanden sich die Erhabenheiten in der Nähe der Mittelrippe; wenn dieselben sehr reichlich und gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt waren, erschien das Blatt fast blasig. Wirk-

[1]) Tomaschek, Über pathogene Emergenzen an *Ampelopsis hederacea.* Österr. Bot. Zeit. XXIX (1879), S. 87; XXXI (1881), S. 252. — Kreuz, Entwicklung der Lenticellen an beschatteten Zweigen von *Ampelopsis hederacea.* Sitzber. Ak. d. Wiss., Wien LXXXII, 1, S. 228 (1881). — Müller-Thurgau, Perldrüsen des Weinstocks. Weinb. u. Weinhandel VIII (1890), S. 178. — Penzig, Über die Perldrüsen des Weinstocks usw. Atti Congr. Genova 1892, S. 237. — Küster, E., Pathol. Pflanzenanatomie, S. 90.

lich blasig konnte man es aber nicht nennen, weil den Auftreibungen der Oberseite keine gleichartige Vertiefung der Unterseite entsprach, und dadurch sind diese Blattpolsterbildungen von den Auftreibungen durch Überfütterung, wie sie S. 343 beschrieben wurde, wesentlich verschieden. Daß es in feuchter Luft Übergänge und Kombinationen gibt, kann nicht verwundern.

Die Auftreibung ist kegelförmig, anfangs mit dieselben Färbung und matten Oberfläche versehen wie das übrige Blatt; später wird die Spitze des Kegels heller, straffer und glänzender. Noch später wird die Spitze gelb, verbreitert sich, reißt (Abb. 116 *ze*) endlich auf (wenn nicht vorher das ganze Fiederchen vergilbt), und die Auftreibung erscheint nun in der Mitte trichterförmig vertieft und gebräunt.

Die Ursache der Erscheinung ist das stellenweise schlauchartige Auswachsen des Palisadenparenchyms (*p*) der Blattoberseite, das an den normalen Stellen chlorophyllreich, dicht aneinandergelagert und nur nach dem Schwammparenchym (*s*) hin mit schmalen, spaltenförmigen, lufterfüllten Intercellularräumen versehen sich erweist.

Sobald die Anschwellung beginnt, fangen die Chlorophyllkörner an, von der Spitze der Zelle aus zu verschwinden, und die Zellen verlängern sich derart, daß zuerst nur wenige die Streckung beginnen, allmählich aber die Umgebung mit in den Streckungsprozeß hineingezogen wird. In dem Maße, als die Verlängerung fortschreitet, wird immer mehr Chlorophyll gelöst, so daß schließlich die schlauchförmig gewordenen Palisadenzellen fast ganz farblos oder mit wenigen kleinen, gelblichen, im ganzen Zellraum zerstreuten Körnern versehen erscheinen. Mit der Verlängerung der Zellen, die die Epidermis in die Höhe stülpen, ist auch eine geringe Breitenzunahme verbunden, wodurch die Zellen seitlich sehr fest aneinandergepreßt erscheinen und nur nach dem Schwammparenchym hin noch schwache Intercellularräume zeigen. Sobald der Druck des sich vorwölbenden Gewebes die Epidermis (*e*) an der höchsten Stelle der Auftreibung entzweigesprengt hat (*ze*), schwellen die nun frei gewordenen Enden des Palisadenparenchyms keulig auf (*kp*) und verdicken unter Bräunung mehr oder minder tief abwärts ihre Wandungen. An der Durchbruchstelle und deren Umgebung bräunen sich auch die Epidermiszellen und fallen teilweise zusammen.

Derselbe Vorgang der Auftreibung kann auch auf der Unterseite des Blattes eintreten; dabei werden die direkt unter der mit Haaren (*h*) versehenen Epidermis liegenden, sonst etwa isodiametrischen Zellen des Schwammparenchyms auch lang-zylindrisch.

In einzelnen Epidermiszellen sowohl der Ober- als Unterseite des Blattes und auch in manchen der schlauchförmig ausgewachsenen Parenchymzellen zieht Glyzerin einzelne große oder mehrere kleine Glykosetropfen zusammen.

Als Beispiel für das gemeinsame Vorkommen der Intumeszenz mit Korkblattern sei *Myrmecodia echinata* angeführt, deren Blätter die Intumeszenzen meist auf der Blattunterseite, die Korkwucherungen aber vorherrschend auf der Oberseite entwickeln. In Abb. 118 erkennen wir, daß hauptsächlich an der Bildung der zart-drüsigen Gewebeauftreibung die beiden der Epidermis zunächstliegenden Parenchymschichten beteiligt sind. Die Epidermis mit ihren unverändert gebliebenen Spaltöffnungen (*c*) ist in die Höhe getrieben und an der Grenze des normalen Gewebes abge-

sprengt worden; sie erscheint aber, was bemerkenswert, noch ungebräunt und turgeszent, also wie die schlauchförmigen Mesophyllzellen (*a*) noch vollständig ausreichend ernährt. Erst in einem weit vorgeschrittenen Altersstadium des Blattes trocknen die Auftreibungen zusammen und werden durch Bildung einer Tafelkorklage an ihrer Basis (*b*) vom gesunden Parenchym abgeschnitten.

Die teils blasig, teils warzig auftretenden Korkwucherungen finden sich am häufigsten ohne die Begleitung von Intumeszenzen. Sie sind unregelmäßig über die ganze Blattfläche als rostfarbige, bisweilen silberig glänzende Fleckchen verteilt. Bevorzugt ist die Gegend der Mittelrippe.

Die Korkbildung beginnt hier innerhalb der Epidermiszellen und schreitet von da aus in das Mesophyll hinein fort, indem zunächst die zwei anstoßenden Lagen des aus 4 bis 5 Reihen farbloser, inhaltsarmer, sehr weitlumiger Zellen gebildeten Hypoderms ergriffen werden (*d*). Das darunterliegende Palisadenparenchym, das in kegelförmigen Strebepfeilern (*e*) in das Hypoderm hineinreicht, wird meist nicht irritiert, zeigt aber, ebenso wie das chlorophyllarme Schwammparenchym, zur Zeit der Korkbildung in jeder Zelle einen stark lichtbrechenden, oft grün gefärbten Tropfen.

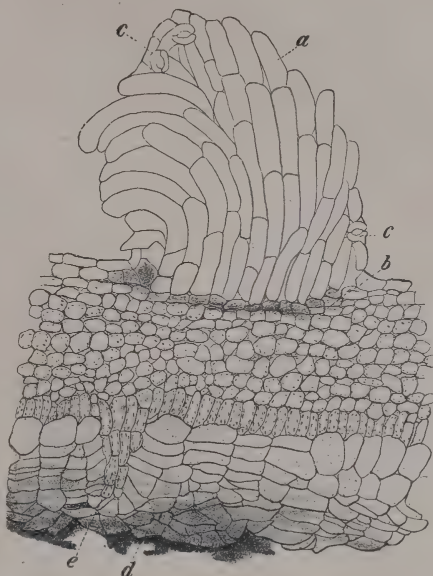


Abb. 118. Blattstück von *Myrmecodia echinata* mit aufbrechender Korkwarze auf der Oberseite und drüsiger Intumeszenz auf der Unterseite. (Orig. Sorauer.)

Neuerdings beschrieb Sorauer[1]) noch ausführlich Intumeszenzen an einigen Araliaceen, so an *Fatsia Japonica* (*Aralia Sieboldii*), *Aralia palmata*, *Panax arboreus* und an *Hedera helix*, dem Efeu. Bei den ersteren und letzteren tritt die Erscheinung nicht besonders selten auf, namentlich an ersteren werden die Pflanzen häufig dadurch unansehnlich. Zwischen der Gelbfleckigkeit und echten Intumeszenzen finden sich alle Übergänge.

Manchmal ähneln derartige Korkpolster in hohem Grade gewissen Pilzerkrankungen, wie z. B. an *Pelargonium zonale*. An dieser Pflanze waren die Blätter unterseits mit einzelnen oder zu größeren Gruppen vereinigten, weißen, cystopusähnlichen Polstern bedeckt. Dieselben erwiesen sich als halbkugelige, später manchmal fächerig auseinandergehende, lufterfüllte Korkwucherungen. Letztere begannen mit einer Vergrößerung des Schwammparenchyms, wobei alle Intercellularräume ausgefüllt wurden. Die Epidermis blieb in der Regel unverändert, während die daranstoßenden Mesophyllzellen sich senkrecht zu derselben streckten und unter allmählichem Verlust des Chlorophylls sich durch Korkwände fächerten. Die Korkzellen verloren teilweise durch unregelmäßige Vergrößerung ihre parallele Anordnung und wölbten sich stark in die Höhe, bis die Epidermis

[1]) Sorauer, P., Intumeszenz und Aurigo bei Araliaceen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 336 ff., mit Abb.

riß. Dieselbe machte aber vorher ihren hemmenden Einfluß dadurch geltend, daß sie die Korkzellen drückte, wodurch ihre Wandungen zerknittert erschienen. Der Streckungs- und Korkbildungsprozeß griff immer tiefer rückwärts in das Mesophyll hinein, wodurch die Wucherungen bisweilen bis zur vierfachen Ausdehnung der Blattdicke gelangten. In die Spaltöffnungen und später in die Wunden der aufreißenden Korkwucherungen wuchs ein braunes gewundenes Mycel (vielleicht ein *Cladosporium*) hinein.

Reichlich von Intumeszenzen hat der Weinstock zu leiden und namentlich die Exemplare, die in Glashäusern behufs Frühtreiberei im freien Grunde ausgepflanzt sind. Die Knötchenbildungen an den Beerenstielen wurden bereits S. 456 beschrieben. Die auf den Weinblättern bemerkbaren Intumeszenzen erscheinen auf der Unterseite in Form drüsiger Erhabenheiten, die oftmals zusammenfließen und auf der Blattoberfläche durch gelblich verfärbte, bisweilen auch etwas erhabene Stellen angedeutet werden. Sie entstehen durch schlauchförmiges Auswachsen des unter der Epidermis liegenden Schwammparenchyms, dessen Zellen sehr verarmt an festen Inhaltsstoffen und durch Ausweitung dicht aneinandergepreßt erscheinen. Mit ihrer zunehmenden Überverlängerung wird die sie deckende Epidermis gebräunt und entzweigesprengt.

Anfangs sind nur die direkt unter der Epidermis liegenden Zellen irritiert; aber kurz nach Beginn der Auftreibung wird auch die nächstinnere Zellschicht ergriffen, und diese ist es in der Regel, welche später die größte Streckung erfährt, und deren Zellen sich nicht selten durch nachträgliche Querwände teilen. Die das Zentrum der Auftreibung einnehmenden Zellen sind am längsten und schmälsten und stehen genau senkrecht zur Oberfläche des Blattes, während die seitlich anstoßenden schief fächerförmig gelagert sind, an Länge ab- und an Breite zunehmen. Stärke ist nicht nachweisbar. In den extremsten zur Beobachtung gelangten Fällen sind sämtliche Zellen des Mesophylls bis zum Palisadenparenchym der Oberseite hin in die Streckung hineingezogen; das letztere selbst jedoch sah Sorauer nicht ergriffen.

Wie gesagt, sind diese Erscheinungen bei der Weintreiberei gar nicht selten, und hierbei finden sich Fälle, welche auf die Ursachen der Intumeszenzen mit großer Deutlichkeit hinweisen. Aus dem im Laufe der Jahre häufig zur Verfügung gewesenen Material greift Sorauer als Beispiel eine Mitteilung des Herrn Hofgärtners Roese heraus.

Derselbe hatte ein Weinhaus, das mit 14 Stöcken besetzt war; von diesen gehörten 6 Stück der Sorte Black Hamburgh (Blauer Frankenthaler) an, und einer derselben stand an derjenigen Seite des Glashauses, an welcher die Wasserheizungsröhren aus dem Vorhause eintraten. Hier war also erhöhte Wärme bei reichster Luftfeuchtigkeit vorhanden, und dieser Stock allein entwickelte derart Intumeszenzen, daß die Blätter unterseits nahezu filzig aussahen. Ein gegenüber, an der anderen Seite des Glashauses, angepflanzter Stock von Royal Muscardine vermischte in den oberen Regionen des Hauses sein Laub mit dem des befallenen Stockes, ohne eine Spur von Erkrankung zu zeigen.

Dieser Fall läßt erkennen, wie verschieden sich die einzelnen Sorten an demselben Standort verhalten, und wie bei derselben Sorte individuelle Erkrankungen ihre Erklärung finden.

Betreffs des verschiedenartigen Verhaltens der einzelnen Reben ist auf eine Studie von Fr. Muth zu verweisen, der das Entstehen von Intu-

meszenzen nach der Kupferung der Blätter beobachtete. Während beispielsweise Frühroter Veltliner und Muscat St. Laurent keine Auftreibungen erkennen ließen, waren Morillon panaché, Madeleine Angevine und Blaues Ochsenauge äußerst stark erkrankt.

In einem dem obigen ähnlichen Falle sah Noack die Erkrankung nachlassen, als in dem Weinhause nicht mehr so viel mit Wasser gespritzt wurde.

Das beschriebene Vorkommnis ist nicht gleich den Erscheinungen, die an *Parthenocissus* (*Ampelopsis*) wohl alljährlich zu beobachten sind; an jungen Zweigen, Blattstielen und Blattnerven entstehen an feuchten schattigen Stellen im Innern der Pflanzen perlenartige Bildungen. Die Perlen, die bei Lichtmangel besonders groß waren und im Herbst vertrockneten, bildeten sich unterhalb einer Spaltöffnung, schon an ganz jungen Teilen, indem die eine Atemhöhle umgebenden Zellen in dieselbe hineinwuchsen und bei ihrer fortschreitenden Vermehrung die Epidermis auftrieben. Im Herbst und Winter zeigten sich an Stelle dieser Auswüchse wirkliche Lenticellen mit Korkbildung.

Die Knötchenkrankheit der Gummibäume

Die Blätter zeigen auf der Unterseite zahlreiche, sehr kleine, drüsige oder knötchenartige, halbkugelige Auftreibungen. Diese werden durch schlauchförmige Streckung (Abb. 119 *int*) von Zellen des Blattfleisches hervorgerufen, welche im normalen Zustande Gestalt und Gefüge wie auf der mit *m* bezeichneten Seite des Bildes besitzen, also durch mehr oder weniger große Intercellularräume (*i*) gelockert sind. Das krankhaft überverlängerte Gewebe (*int*) der Blattunterseite nähert sich somit dem normalen, aus Palisadenparenchym (*p*) gebildeten Blattfleisch der Oberseite, die mit einer dreifachen Epidermis *e*) versehen ist. Von diesen drei Schichten ist die äußerste kleinzellig und mit einer sehr starken Cuticularglasur versehen. Die innerste Zellage der Oberhaut zeigt dünnwandigere, verhältnismäßig sehr weite Zellen (*w*), welche als wasserspeichernde Schutzschicht angesprochen wird. Einzelne sackartig ausgeweitete Zellen dieser Schicht bergen jene eigenartigen traubenförmigen, mit Kalk inkrustierten Zellstoffkörper (*c*), welche als Cystolithen bekannt sind.

Der feste Abschluß der Blattoberseite muß sich ungünstig für den Durchlüftungsprozeß des Blattes erweisen; aber dafür besitzt die Blattunterseite die förderlichen Einrichtungen. Das Schwammparenchym zeigt große Intercellularen (*i*), deren Binnenluft durch die Atemhöhle (*a*) und den Spaltöffnungskanal (*st*) nach außen entweichen und frisch eintretender Außenluft Platz machen kann. Die Wasserzuleitung erfolgt durch die Blattnerven, von denen einer bei *g* durchschnitten zu sehen ist und bei *r* die großen Gefäßröhren zeigt. Der Weg für die im Blatte erzeugten, nach dem Stamme abfließenden organisierten Baustoffe ist in *sch*, der Gefäßbündelscheide, angedeutet; *k* bezeichnet die Stelle, bei der die Zellen durch übermäßig gesteigerten Turgor sich zu vergrößern beginnen und damit die Intercellularräume ausfüllen, also zunächst „innere Intumeszenzen“ bilden. Der überreiche Wassergehalt kommt noch mehr in dem peripherischen Gewebe zum Ausdruck, da dasselbe, nur unter dem Druck der Epidermis stehend, sich schlauchförmig verlängern und samt der Oberhaut emporwölben kann (*int*).

Tatsächlich ist also die Knötchenkrankheit des Gummibaumes eine regelrechte Intumeszenz, die in den vorigen Abschnitt gehört; wir haben die Krankheitserscheinung aber deshalb besonders abgegliedert, weil sie bei der Anzucht von *Ficus* als Marktpflanze eine wesentliche praktische Bedeutung erlangt.

Die Krankheit tritt sowohl bei den gärtnerischen Kulturen als auch bei denen der Liebhaber auf und führt zur vorzeitigen Entblätterung. Sie kommt entweder dadurch zustande, daß die Pflanzen während einer kühlen Regenperiode an schattigen Orten im Freien gehalten wurden, wie

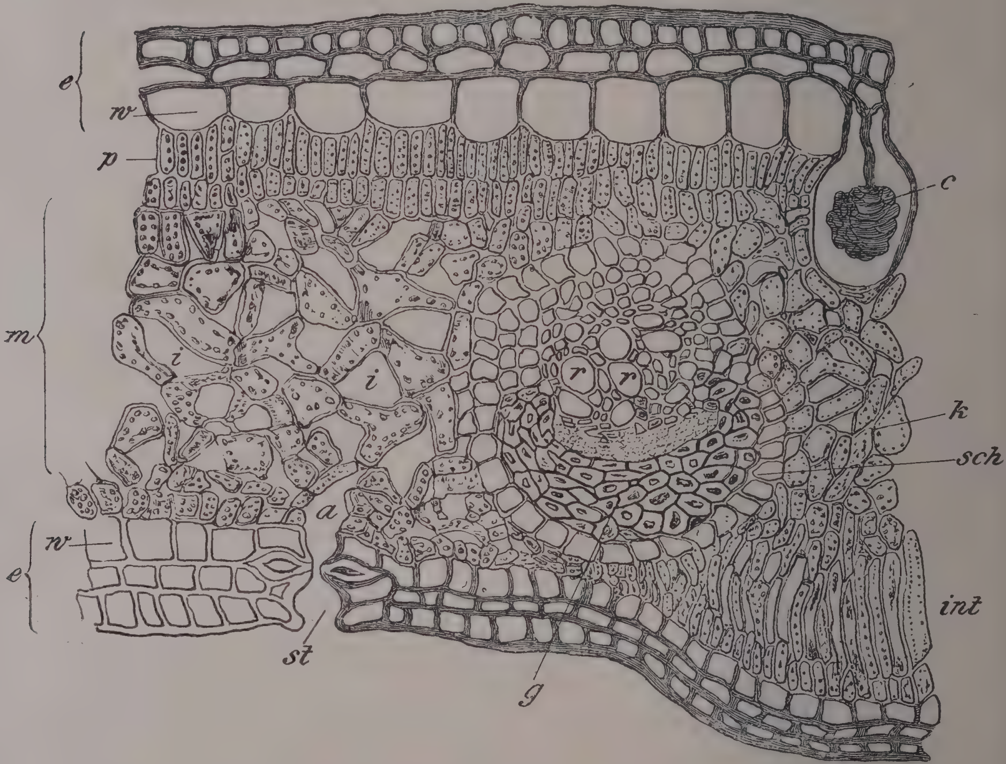


Abb. 119. Querschnitt durch ein Blattknötchen des Gummibaumes. (Orig. Sorauer.)

sich 1919 vielfach zeigte, oder wie Sorauer experimentell zeigen konnte, daß die Pflanzen zur Zeit, in der sie ihren Trieb abgeschlossen haben, und ihre Transpirationsgröße zurückgeht durch übermäßige Wärme und reichliche Bodenfeuchtigkeit zu erneuter Tätigkeit gereizt werden. Er erzielte die Intumeszenzen dadurch, daß er einen Gummibaum, der im Sommer kräftig getrieben hatte und dann in normale Ruhe übergegangen war, im Winter nicht kühler und trockener hielt, sondern in einem stark geheizten Zimmer am Fenster aufstellte und reichlich begoß. Die älteren Blätter fielen darauf ab, während auf den jüngeren sich Intumeszenzen einstellten. Nachdem der Baum hell, aber kühler gestellt wurde, blieben die intumeszierten Blätter bis zum nächsten Sommer am Stamme, und derselbe

trieb wieder gesund, wenn auch schwächlich weiter. Im ersteren Falle waren fast sämtliche Blätter der feuchten Periode knotig und zum Teil durchlöchert. Im folgenden Jahre waren auch die kleinen Knoten Löcher geworden.

Diese Erkrankungsart und ihre Heilung dürfen als Norm für alle derartigen Fälle anzusehen sein. Die Intumeszenzen sind also hochbedeutsame Symptome einer abnormen Turgeszenz bei allen Kulturen. Sobald sie sich zeigen, ist es Zeit, die Pflanzen möglichst hell, aber kühler zu stellen und mit dem Bewässern nachzulassen.

Die Hautkrankheiten der Hyazinthen.

Unbeachtet, obgleich sehr häufig, ist die Erscheinung, die in Abb. 120 sich darstellt. Anstatt daß, wie bei gesunden Zwiebeln, die äußeren Schuppen glatt sind und, die Zwiebel fest umschließend, bis an den Zwiebelhals hinauf zu reichen pflegen, erscheinen bei der Hautkrankheit die äußersten Schuppen kurz und mit vertrocknenden Rändern zurücksterbend. Nicht selten sind derartige Hyazinthen geplatzt und besonders in der Nähe der Rißstelle mit trockenen Blattern dicht besetzt. An den noch fleischigen äußeren Zwiebelteilen sind Ansiedlungen des blaugrünen Pinselschimmels (*Penicillium glaucum*) ein häufiges Vorkommnis.

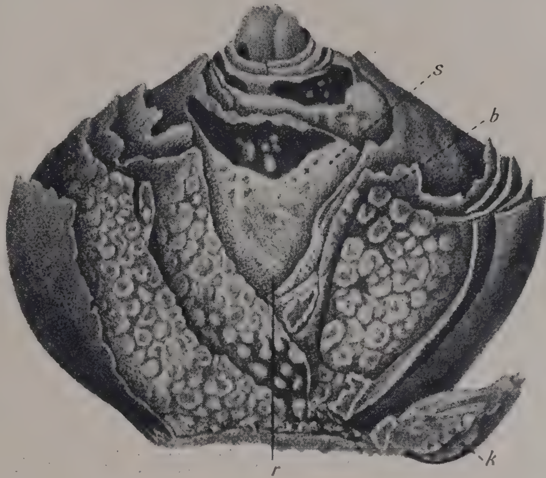


Abb. 120. Hyazinthenzwiebel mit den Blattern der Hautkrankheit behaftet. (Orig. Sorauer.)
s Schuppe, welche glanzlos wird, *b* Blatterbildung, *r* abtrocknender Rand, *k* junge Zwiebel.

Die einzeln stehenden oder miteinander verschmolzenen Blattern sind oberseits abgeflacht und nicht selten spaltenförmig eingerissen. Auch in dem gefärbten Teile normal abgetrockneter Zwiebelschuppen sieht man oft reichlich solche geschwürartig aufgetriebenen, gelben Stellen, welche fast immer Mycel erkennen lassen; dasselbe erweist sich bei der Kultur als zu *Penicillium* gehörig. Das Gewebe solcher Stellen unterscheidet sich von dem gesunden Teile der Schuppe durch die gelben, ungemein spröden, in scharfkantige Stücke zerspringenden Wandungen und durch das weite Lumen der Zellen, während diejenigen des gesunden Teiles mit ihren etwas gequollenen, dicken, farblosen Wandungen bis zum Verschwinden des Lumens zusammengesunken sind. Die Stärke ist nicht nur in dem gelbwandigen, bisweilen quer die Schuppe durchsetzenden, verkorkten und durch nachträglich entstandene Korkzellen aufgetriebenen Gewebe, sondern auch in der farblosen Umgebung bis auf Spuren verschwunden.

Nach Entfernung der erkrankten trockenen Zwiebelschalen bemerkt man auf den noch vollständig weißen, saftigen, bis an den Zwiebelhals normal hinaufreichenden Schuppen ein von oben her beginnendes Ab-

trocknen derselben. Hier verliert das Gewebe den natürlichen Glanz und den Turgor, so daß allmählich der Schuppenteil durch Zusammensinken der Zellen zwischen den nunmehr deutlicher hervortretenden Gefäßbündeln ein faltiges Aussehen bekommt. Außerdem pflegt der Rand gelblich zu werden. Dabei erscheinen an tieferen Stellen des fleischigen, weißen, vor Straffheit glänzenden Schuppenteils kleine, längliche, glasig durchscheinende, gelbliche, schon schwach über die Oberfläche hervortretende Flecke. Dieselben vergrößern sich in wenigen Tagen und werden durch einen lehmgelben, saftigen Rand alsbald mehr in die Augen springend. Dann aber schreitet die Veränderung langsamer fort, indem die Auftreibung nur allmählich deutlicher hervortritt und ihre Mitte weißlich, trockenhäutig und längsfaltig wird. Mit zunehmendem Alter sinkt die Mitte ein, und schließlich erscheint sie durchlocht. Bei Behandlung mit Schwefelsäure sieht man die obere, unmittelbar unter der Cuticula liegende Lamelle (Abb. 121 *l*) der etwas mehr verdickten Epidermiszellen sehr stark aufquellen, und dann erkennt man darin bisweilen Mycelfäden.

Der Querschnitt durch die erkrankte Schuppe (Abb. 121) zeigt bei *b* eine ältere, links davon eine jüngere Blatter. Man erkennt, daß in der

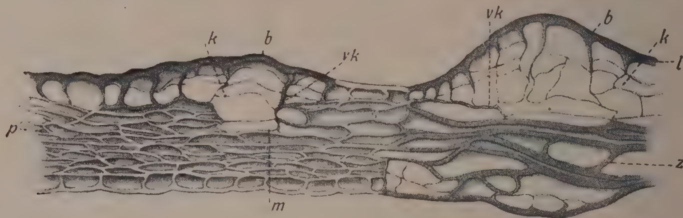


Abb. 121. Querschnitt durch eine hautkranke Zwiebelschuppe der Hyazinthe.

verfärbten Epidermis die Wandungen verquollen sind und dieser Quellungs- und Verkorkungsprozeß (*vk*) sich in der älteren Blatter bereits durch die ganze Dicke der Schuppe fortgesetzt hat. Dort ist das fleischige, stärkelose Parenchym, das anfangs (*p*) noch farblos und in normaler Lagerung sich zeigte, schon strangweise zusammengesunken und bildet erhärtende Stellen mit unregelmäßigen Lücken (*z*).

In den Zellen unmittelbar unter der aufgetriebenen Epidermis sieht man keinen Zellkern mehr, während die nächstinneren denselben noch besitzen, aber braungefärbt zeigen. In der Epidermis entstehen Korkzellen, während das darunterliegende Parenchym mit der Trommerschen Probe Zucker erkennen läßt. In diesem zuckerreichen Gewebe schreitet die Korkbildung fort, und da die verkorkten Zellen nicht zusammenfallen, erheben sie sich allmählich mehr und mehr über das Gewebe der Zwiebelschuppe, dessen Wandungen die Zellulosereaktion behalten und zusammensinken.

Die Analysen ergaben an Trockensubstanz:

	gesunde Zwiebeln		kranke Zwiebeln	
in den äußeren Schuppen . . .	34,6 %	51,82 %	36,7 %	55,43 %,
in den inneren Schuppen . . .	22,4 %	33,50 %	32,6 %	40,16 %.

Demnach sind die kranken Zwiebeln reicher an Trockensubstanz, was nicht auffallen kann, da bei ihnen der Abtrocknungsprozeß der äußeren Schuppen viel weiter fortgeschritten ist.

Es enthielten nach Entfernung aller braungefärbten Schuppen an Zucker (als Traubenzucker bestimmt und auf Trockensubstanz berechnet):

	gesunde Zwiebeln	kranke Zwiebeln
in den äußeren Schuppen . . .	0,71 %	0,82 %,
in den inneren Schuppen . . .	1,23 %	1,66 %.

Das heißt, es sind die Zwiebeln in den inneren jüngeren Schuppen zuckerreicher als in den älteren, und bei der Krankheit sind innere und äußere Schuppen zuckerreicher als im gesunden Zustande.

Wir erhalten somit dieselben Resultate, welche bei der Ringelkrankheit gefunden worden sind. Tatsächlich kommen beide Krankheiten häufig gemeinsam vor, und diese Blattern, die als Intumeszenzen zu bezeichnen sind, erweisen sich als Symptom, das grade bei sehr üppigen, geplatzten Exemplaren zu finden ist; am häufigsten ist es an Zwiebeln zu finden, die in Gewächshäusern getrieben waren oder an solchen aus schweren oder feuchten Böden, so daß auch hier wohl die Wirkungen feuchter Luft denen des Sauerstoffmangels ähnliche Erscheinungen hervorrufen. Daß sich das *Penicillium* auf solchem Boden schnell und häufig ansiedelt, ist selbstverständlich. Die Hautkrankheit verdient daher als Symptom eine große Beachtung.

Intumeszenzen an Stengeln[1]) (vgl. auch S. 356ff. u. S. 454).

Wenig beachtet sind bisher die mittelbaren Folgen des Regens, die durch Verminderung der Transpiration in Verbindung mit der starken Wasseraufnahme durch die Wurzeln zustande kommen. Dahin gehört das Anschwellen des Holzkörpers bei den Bäumen. Nach den Untersuchungen von Friedrich[2]) findet durch die Herabminderung der Transpiration während der Nachtzeit ein ständiges Anschwellen des Baumstammes (abgesehen vom direkten Zuwachs) durch Quellung des Holzkörpers statt, während tagsüber ein Abschwellen sich einstellt. Die Differenzen werden zur Zeit der größten Zuwachstätigkeit am stärksten sein und die Quellung des Holzkörpers bei Eintritt von Regen nach längerer Trockenheit besonders scharf hervortreten. Rinde und Borke sind dabei mehr passiv beteiligt. Zuwachs und Quellung des Holzzylinders werden durch die Luftfeuchtigkeit in ihrem Einfluß auf die Baumkrone geregelt. In der dauernd feuchten Luft der Gewächshäuser werden sich natürlich in erster Linie Störungen zeigen.

Es ist nun leicht ersichtlich, daß bei Bäumen, solange sie glattrindig sind, durch starke und plötzliche Schwellungs- und Zuwachssteigerungen die Rinde stellenweise platzen wird. Derartige Wunden können in Lagen mit reicher Boden- und Luftfeuchtigkeit zu offenen Wunden werden, die, wie Sorauer annimmt, durch Bakterienansiedlung sich dauernd vergrößern. Es entstehen dann jene Grindstellen der jugendlichen Baumstämme, die man z. B. bei Linden, Ulmen, Eschen, Ahorn usw. an nassen Gräben und Dorfteichen beobachten kann.

---

[1]) Im allgemeinen werden die Intumeszenzen durch einen Reiz irgendwelcher Art auf die wachstumsfähigen Gewebe hervorgebracht werden. Es erscheint deshalb auch folgerichtig, daß Küster (Patholog. Pflanzenanatomie) auch die Gallenhypertrophie (S. 107) den Intumeszenzbildungen unter den Begriff der Hypertrophie angeschlossen hat.

[2]) Friedrich, Josef, Über den Einfluß der Witterung auf den Baumzuwachs. Mitteil. über d. forstl. Versuchswesen Österreichs, Wien 1897, Heft XXII.

Bei normaler Ernährung wird sich eine mehr oder weniger starke Intumeszenzbildung an den Stämmen zeigen, bei gleichzeitigem Nährstoffüberschuß aber im wesentlichen eine der S. 363 besprochenen Erscheinungen.

Hier sei ferner der Fall zitiert, welchen Haberlandt[1]) bei einer Liane, *Conocephalus*, beschreibt. Er schildert die Bildung von Ersatz-Hydathoden nach Vergiftung der normalen Organe an den Blättern. Die ungemein reiche nächtliche Wasserausscheidung erfolgt am Grunde flacher Grübchen auf der Blattoberseite durch scharf differenzierte Epithem-Hydathoden mit Wasserspalten, die stets über den Treffpunkten von Gefäßbündeln liegen. Nach Vergiftung dieser Organe durch Bepinseln des Blattes mit

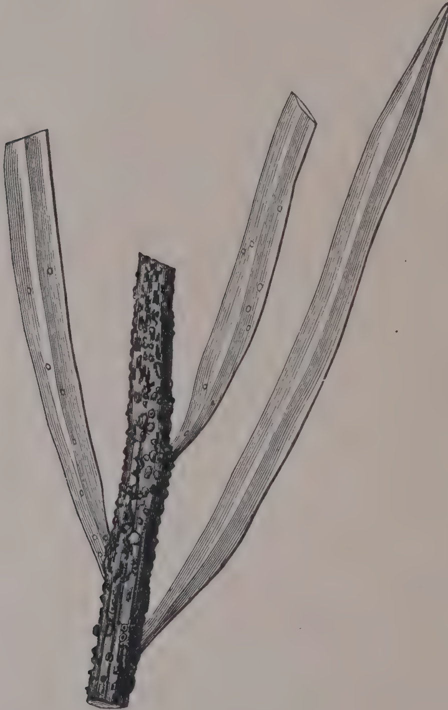




Abb. 122. Intumeszierter Stengel von *Lavatera trimestris*. (Orig. Sorauer.)



Abb. 123. Intumeszierter Zweig von *Acacia pendula*. (Orig. Sorauer.)

Abb. 124. Vergrößertes Stück von Abb. 123. (Orig. Sorauer.)

0,5prozentiger alkoholischer Sublimatlösung bildeten sich über den Gefäßbündeln kleine Knötchen, an denen jeden Morgen große Wassertropfen auftraten. Diese Knötchen, welche also die Funktion der getöteten Hydathoden übernommen hatten, erschienen aus langen schlauchartigen Zellen zusammengesetzt, die in ihrem unteren, durch Querwände gefächerten Teile aneinanderschlossen, am oberen, keulenförmig angeschwollenen Ende aber pinselartig auseinanderwichen. Sie waren durch Streckung der Leitparenchymzellen, oft auch der Palisadenzellen ent-

[1]) Haberlandt, Über experimentelle Hervorrufung eines neuen Organes bei Conocephalus ovatus Tréc.; in „Festschrift für Schwendener“, vgl. in Naturwiss. Wochenschr. 1899, S. 287.

standen und hatten die Epidermis durchbrochen. Ähnliche Resultate hatte Taub[1]), der die Hydathoden von Urticaceen untätig machte; die Spaltöffnungen erzeugten in feuchter Luft Intumeszenzen.

Als Beispiele wuchernder Zellstreckung an Stengelgliedern seien die Habitusbilder eines Stengelstückes von *Lavatera trimestris* (Abbildung 122) und von *Acacia pendula* (Abb. 123), deren aufgerissene Rinde in der Vergrößerung, Abb. 124, noch deutlicher zu sehen ist, gegeben.

Bei *Malope grandiflora* und *Lavatera trimestris* bemerkt man Stengel und Zweige auf der Sonnenseite dicht mit Längsschwielen besetzt. Diese Schwielen werden durch bedeutende Längs- und Querstreckung der Zellen des Rinden- und auch des Holzkörpers veranlaßt. Wenn die Schwiele noch jung ist, leitet sich der Vorgang meist dadurch ein, daß in der Höhe der primären Hartbastbündel die zwischen zwei Bündeln liegenden,



Abb. 125. Querschnitt durch einen intumeszierten einjährigen Zweig von *Acacia pendula*[2]). (Orig. Sorauer.)

chlorophyllführenden Parenchymzellen sich radial und stärker noch tangential strecken und bei dieser Vergrößerung sich bogenförmig nach außen wölben. Der mechanische Ring erscheint dadurch gelockert, daß die Bastbündel weit auseinandergerückt werden und die Collenchymschichten weniger entwickelt sind. Bei stärkeren Intumeszenzen erweist sich die gelockerte Stelle tiefer gehend, indem auch der Holzkörper seine prosenchymatischen Elemente und Markstrahlzellen zu einem weitmaschigen Parenchym umändert.

---

[1]) Taub, S., Beiträge zur Wasserausscheidung und Intumeszenzbildung bei Urticaceen. Sitzb. Kais. Akad. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. CXIX, 1 (1910), mit Taf. — Ref. in Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XXI (1911), S. 363.

[2]) Sorauer, P., Über Intumeszenzen. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. XVII (1899), S. 458.

Über die Vorgänge, die sich bei der Bildung der moosartig zusammenstehenden Intumeszenzen bei *Acacia pendula* abspielen, gibt die beistehende Abbildung 125 hinreichend Aufschluß. Es bedeutet *m* Markkörper, *h* Holzring, *c* Cambium, *b* Hartbastgruppen, *e* Epidermis, *s* beginnende Streckung innerhalb der Primärrinde, w^1 die in gewundenen Parallelreihen aufsteigenden, schlauchförmig gewordenen Rindenparenchymzellen, welche bei *w* nach Durchbruch der Epidermis garbenartig auseinanderweichen.

In Fällen hochgradiger Intumeszenz greift der Vorgang der Überverlängerung rückwärts in die Sekundärrinde hinein und weitet die Zellen der Phloëmstrahlen (*q*) aus. Ja, es kommen sogar Fälle vor, in denen der Holzring in seinen letztgebildeten Lagen irritiert erscheint, indem die äußersten Splintschichten aus Parenchymholz sich aufbauen. Nicht selten beobachtet man, ebenso wie bei Intumeszenzen an verschiedenen Arten von *Eucalyptus*, das Vorherrschen und bisweilen ausschließliche Auftreten der Intumeszenzen auf der dem Lichte zugewandten Zweigseite. Nach den in früher angeführten Fällen gegebenen Erklärungen erübrigt sich hier eine eingehendere Besprechung.

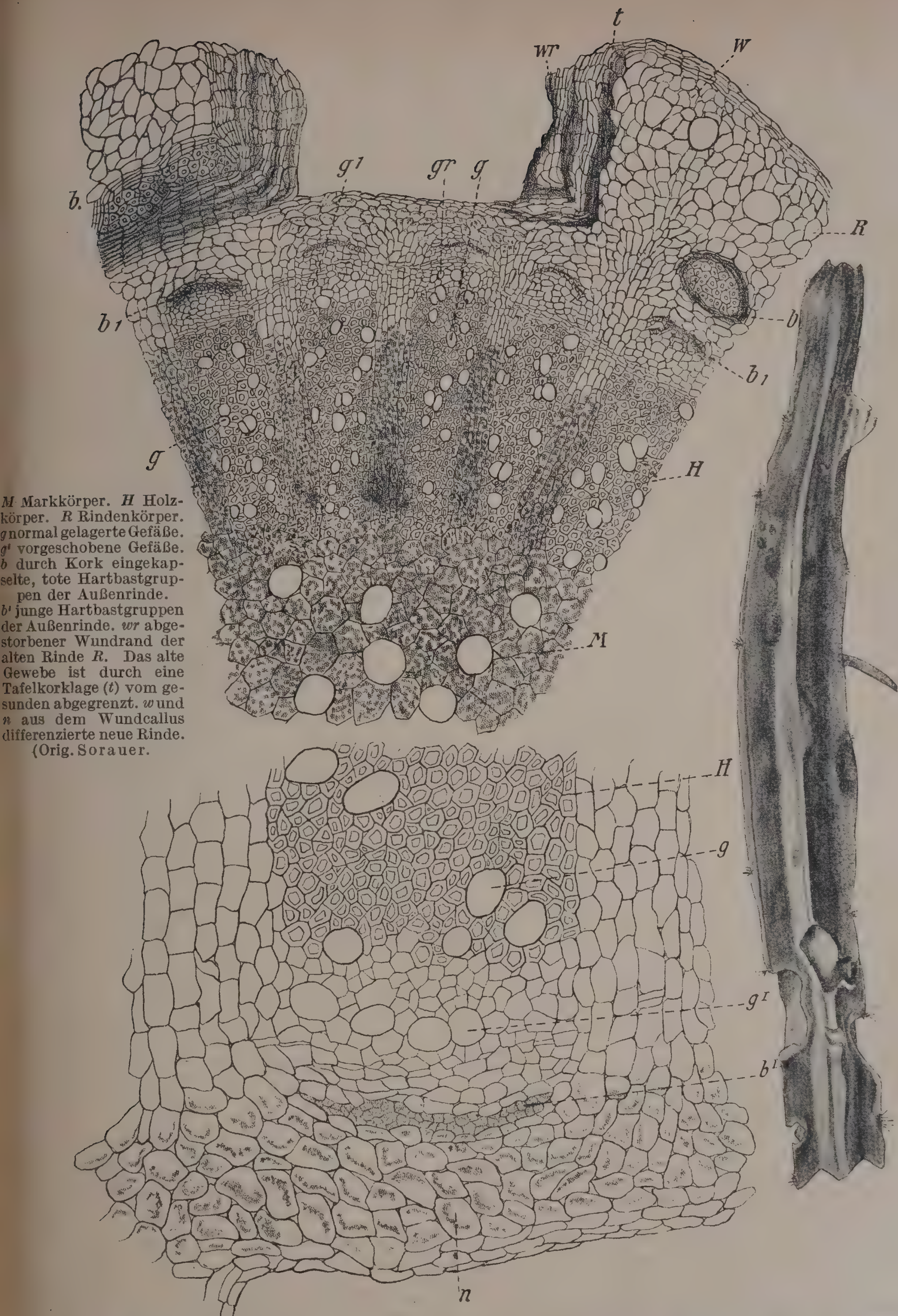
Die sich ergebenden Bilder sind äußerlich oft den S. 363ff. beschriebenen, der Wassersucht verwandten Erscheinungen ähnlich, die durch Wasser- oder Nährstoffüberschuß verursacht werden. Bei den durch Luftfeuchtigkeit veranlaßten Auftreibungen, die meist schon in sehr jugendlichem Zustande der Organe angelegt sind, ist aber keine irgendwie normale Epidermis ausgebildet; die schlauchartigen Zellen stehen in unmittelbarer Berührung mit der atmosphärischen Luft; bei den wassersüchtigen Pflanzen ist stets eine mehr oder weniger starke schützende Rinden- oder Epidermisschicht vorhanden, die allerdings auch mechanisch aufgerissen werden kann.

Das Glasigwerden der Kakteen.

An verschiedenen Kakteen beobachtet und an *Cereus nycticalus* näher untersucht (Sorauer) wurde ein Krankheitszustand, der sich durch das Auftreten glasiger, später sich schwärzender Stellen charakterisiert. Bei den weicheren Cereen führt eine größere Ausdehnung dieser Gewebeveränderung zum Absterben des darüberstehenden Stammteils. Der Tod erfolgt entweder durch Zusammentrocknen des geschwärzten, in seiner Struktur verbleibenden Gewebes oder (bei Mitwirkung von Bakterien) durch Eintritt eines breiartigen Zustandes, wobei die Oberhaut durch geringen Fingerdruck sich ablösen läßt. Bleibt der Krankheitsherd auf eine Seite des Stengels beschränkt, vermag derselbe unter Zurücklassung tiefer schüsselartiger Wundstellen auszuheilen.

Das Habitusbild auf Seite 471 stellt ein Stammstück von *Cereus nycticalus* dar, das am oberen Ende geschwärzt und breiartig erweicht ist. Von dem erweichten Teile ist durch schiefen Druck des Fingers ein Oberhautfetzen abgelöst worden. An der Basis des Stammstückes befinden sich ausgeheilte Wundstellen, die bis auf den Holzring des Achsenzylinders reichen.

Bei Durchmusterung sehr stark erkrankter Exemplare bemerkt man, daß eine Anzahl glasiger Stellen schwielig über die Oberfläche hervortritt. Der Querschnitt zeigt, daß zwar die äußere Rindenpartie des Stammteils noch dunkelgrün und normal gebaut sich erweist, aber die darunterliegenden Rindenschichten chlorophyllos und stärkearm sind und stark vergrößerte Zellen besitzen, welche die Ursache der schwieligen Auftreibung



M Markkörper. *H* Holzkörper. *R* Rindenkörper. *g* normal gelagerte Gefäße. *g'* vorgeschobene Gefäße. *b* durch Kork eingekapselte, tote Hartbastgruppen der Außenrinde. *b'* junge Hartbastgruppen der Außenrinde. *wr* abgestorbener Wundrand der alten Rinde *R*. Das alte Gewebe ist durch eine Tafelkorklage (*t*) vom gesunden abgegrenzt. *w* und *n* aus dem Wundcallus differenzierte neue Rinde. (Orig. Sorauer.

Abb. 126. Das Habitusbild auf der rechten Seite ist ein verkleinertes Stammstück von *Cereus nycticalus*, das, an der Spitze geschwärzt und erweicht, einen durch Fingerdruck abgelösten Rindenfetzen zeigt; am unteren Teil befinden sich verheilte, tief schüsselartige Wunden. Das obenstehende anatomische Bild gibt den Querschnitt einer schüsselartigen, verheilenden Wunde wieder. Die untere anatomische Zeichnung stellt die Neubildungen und Gewebedifferenzierungen dar, welche bei dem Heilungsprozeß der Wunden sich einstellen.

sind. Im Gegensatz zu den gewöhnlichen Intumeszenzen, bei welchen die schwielige, oftmals berstende Gewebewucherung durch Streckung der subepidermalen Lagen eingeleitet wird, hat Sorauer die abnorme Vergrößerung der tiefer im Gewebe eingesenkt liegenden Zellnester als „innere Intumeszenzen“ bezeichnet. Damit reihen sich diese Vorkommnisse an die Erscheinungen der vorher beschriebenen Gelbsprenklichkeit an. Auch hier bestehen die Anfangsstadien der Erkrankung in dem Auftreten inhaltsarmer, sich bräunender und verkorkender Zellnester mitten im grünen Gewebe; nur leiden bei den Kakteen die Stengel, während bei *Pandanus* die Umänderungen in den Blättern sich abspielen.

Die Nester der meist nach einer Richtung hin sich vergrößernden Zellen fallen zusammen, während nunmehr in der Kaktusrinde die hellwandig bleibenden Zellen in der Umgebung dieser Nester sich schlauchartig zu strecken pflegen und sternartige Anordnungen bilden. Von diesen inneren, erkrankten Gewebeherden greift der Vorgang der Verarmung und Überverlängerung des Rindenparenchyms rückwärts nach dem Holzring und seitlich in der Richtung des Rindenumfangs beständig weiter um sich, bis ein größerer Teil des Stengels gebräunt oder geschwärzt ist. Schließlich werden auch die äußersten Zellagen von der Verfärbung ergriffen, ohne daß dabei eine Überverlängerung noch einzutreten pflegt, und nunmehr erscheint der Stengel auch dem bloßen Auge tief tintenschwarz.

Der Schwärzungsvorgang tritt schon an den glasig erscheinenden Krankheitsanfängen fast augenblicklich nach Ausführung des Schnittes ein, so daß man anfangs an das Vorhandensein übergroßer Mengen von Gerbsäure glaubt, die mit dem Eisen des Messers sich verbinden. Da aber die Verfärbung auch bei Verletzungen durch ein Hornmesser oder einen Platinspatel sich einstellt, so muß man eine empfindliche, durch den Sauerstoff der Luft sich schnell verfärbende Substanz voraussetzen. Aber Guajaktinktur allein oder mit Wasserstoffsuperoxyd geben keine Blaufärbung. Auf Lakmuspapier zeigt das gesamte Rindenparenchym scharf saure Reaktion.

Als Faktor, der die Überverlängerung der Zellen einleiten dürfte, ist eine Glykoseanhäufung anzusehen; denn bei Behandlung der Schnitte nach der Trommerschen Zuckerprobe erfolgt in dem gesamten glasigen Gewebe äußerst reicher Niederschlag von Kupferoxydul, das in dem Maße spärlicher wird, als man sich dem gesunden Gewebe nähert. Umgekehrt verhält sich der Stärkegehalt, der in dem schwersterkrankten Gewebe gleich Null ist, während die gesündere Umgebung reichliche Stärkemengen zeigt. Auffällig ist das Verhalten des oxalsauren Kalkes, der nebst dem Inhalt der Schleimgänge ungemein reichlich auftritt. Im gesunden noch grünen Rindengewebe zeigt er sich vorwiegend in Form von Raphiden, während er in dem erkrankten Teile meist als kurze Oktaederform und bisweilen in langen Säulen zu finden ist. Wahrscheinlich sind verschiedene Mengen von Kristallisationswasser ausschlaggebend.

Über den Heilungsprozeß belehrt uns die obere Figur der Abb. 126; sie stellt ein Stück des Querschnittes durch einen Zweig mit vertiefter Wundstelle dar, wie solche an der Basis des Habitusbildes zu sehen ist. *M* ist der Markkörper mit seinen Schleimzellen, *H* das normale alte Holz, *R* der Rindenkörper. An der Wundstelle erkennt man, daß der Gewebeschwund ursprünglich die gesamte Rinde (*R*) erfaßt hatte. Der Holz-

zylinder (*H*) war aber nicht angegriffen worden. Die Wundränder (*wr*) des Rindenkörpers waren abgestorben und durch eine Tafelkorklage (*t*) vom gesunden, seitwärts belegenen Rindenparenchym getrennt. In dem stehengebliebenen Rindenteil war neues Dickenwachstum eingetreten, das sich durch die Anlage neuer Hartbastbündel (*b'*) kenntlich machte. Die alten Hartbaststränge in der Wundnähe waren erkrankt und erwiesen sich durch einen Korkmantel eingekapselt (*b*).

Die ganze Gewebezone *b'—b'* ist nachträglich neu gebildet worden, und zwar an den Teilen, welche vom Rindenkörper bedeckt geblieben waren, durch eine normale Kambialtätigkeit, dagegen an der Wundstelle selbst durch eine Vermehrung des jüngsten Splintes. Denn in der Wunde war das Kambium zerstört, und daraufhin ist die letztgebildete noch kambiale Holzlage in erneute Zellvermehrung eingetreten und hat kallusartiges Gewebe gebildet. Die zur Zeit der Neubelebung der jüngsten Splintschicht bereits derbwandig gewordenen Gefäßanlagen haben aber an der Vermehrung nicht teilgenommen, sondern sind passiv von dem neugebildeten Kallus nach außen geschoben worden. Man erkennt dies daran, daß diese Gefäßanlagen (*g'*), die im Querschnitt den Gefäßen (*g*) im normalen Holzkörper (*H*) gleichen, sich nun isoliert in dem kallösen Gewebe vorfinden.

Genauer kenntlich wird der Heilungsvorgang in der untenstehenden anatomischen Figur, die ein Stück Gewebe aus der Lücke des oberen Querschnittes darstellt. *H* bedeutet wiederum den alten Holzkörper mit einigen Gefäßen (*g*). Dort, wo die dickwandig gezeichneten Elemente aufhören, war die tiefste Stelle der Wundfläche. Es verblieben auf derselben die jungen Elemente des Splints, welche nach Aufhören der Fäulniserscheinungen sich vergrößerten und vermehrten. Der bereits differenzierte jugendliche Splint bildete seine Elemente in lockerer, dünnwandiger Form weiter aus, und daher kommt es, daß man dünnwandige Gefäße (*g'*) in einem zarten Parenchymholz wiederfindet. Das ganze mit *n* bezeichnete Gewebe ist Neubildung, deren Entstehung mit der Neuberindung geschälter Baumstämme übereinstimmt. Das neue, aus Kallus hervorgegangene Gewebe weist bereits eine Differenzierung auf, welche anzeigt, daß der Stamm eine neue Rinde an der Wundstelle zu bilden im Begriff ist; denn wir finden in der Region unmittelbar vor den dünnwandigen Gefäßen (*g'*) die ersten parallelen Zellteilungen, die auf die Ausbildung einer neuen Kambiumzone hindeuten. Außerhalb derselben erkennt man bereits die Anlage von sekundären Hartbastelementen (*b'*) in einem zwar plasmatischen Inhalt, aber noch keine Chloroplasten führenden parenchymatischen Gewebe, das später zur normalen Rinde wird.

Dieser Heilungsvorgang ist aber nur dann beobachtet worden, wenn die Pflanzen direktes Sonnenlicht und frische, bewegte Luft zugeführt bekamen. Die ganze Erscheinung ist bis jetzt nur als eine Krankheit in Gewächshäusern beobachtet, und zwar in solchen, die wegen der Kultur anderer Gewächse wärmerer Zonen eine geschlossene, sehr feuchte Luft behalten mußten. In einem speziellen Falle sah Sorauer die Krankheit durch reichliche Lüftung des Gewächshauses zum Stillstand kommen und im folgenden Jahre bei neuer Besetzung mit Blattpflanzen und demgemäß gesteigerter Luftfeuchtigkeit in verstärktem Maße wiederum auftreten. Die Erscheinung ist daher sicher als eine direkte Folge übermäßiger Luftfeuchtigkeit anzusprechen.

Intumeszenzen an Grasstengeln.

Bei äußerst starkwüchsigem Hafer von der Insel Rügen fanden sich Pflanzen, deren unterster, von der Erde gedeckter Halmknoten im Querschnitt das untenstehende Bild (Abb. 127) aufwies. Der zentrale Teil des Halmknotens zeigt den bekannten wirren Verlauf der Gefäßbündel (*g*) und die Anlage einer Wurzel (*w*), welche im Begriff ist, die aufgetriebene Rinde des Halmknotens zu durchbrechen. In diesem Rindenmantel bezeichnet *r* den normal gebauten Teil, während bei *r'* die subepidermalen Parenchymzellen bereits beginnen, sich radial zu strecken. Die Überverlängerung steigert sich bei *s* zum ausgesprochen schlauchförmigen Charakter und ergreift in der Nähe der durchbrechenden Wurzel alle Schichten des Rindenkörpers. Die dadurch übermäßig gespannte, an dem Streckungsvorgang nicht aktiv beteiligte Epidermis beginnt schließlich



Abb. 127. Intumeszenz an dem unteren Knoten einer Haferpflanze. (Orig. Sorauer.)

an einzelnen Stellen (*c*) entzweizureißen. Der Halm zeigt bei *z* eine starke Fraßbeschädigung, deren Einfluß tief in den Halmknoten hineinreicht, in dem eine starke Gewebebräunung mit zum Teil gummös ausgefüllten Gefäßen sich bis zur Mitte des Knotens hinzieht. Es liegt nun nahe, diese Verwundung als Veranlassung zur Intumeszenzbildung aufzufassen, zumal benachbarte andere, nicht angefressene Halme die Gewebewucherung nicht zeigen. Man würde sich dann den Zusammenhang in der Weise vorstellen können, daß bei der reichlichen Wasser- und Nährstoffzufuhr durch die Wurzeln und der geringen Verdunstung des Knotens innerhalb der Bodenkrume die Entfernung eines Teils des Gewebes durch den Tierfraß hingereicht hat, den Turgor im restierenden Gewebe bis zur Intumeszenzbildung zu steigern. Bekannt ist die eigenartige Wurzelgallenbildung an den Halmknoten bei *Poa nemoralis* an feuchten Orten durch *Mayetiola Poae* (vgl. Bd. IV).

Ähnliche Korrelationserscheinungen beobachtete Sorauer bei Einwirkung von Kupfermitteln auf die Kartoffelblätter[1]). Bei starkwüchsigen Sorten erwies sich eine Anzahl von Blättern durch das Bespritzungsmittel beschädigt; in der Nähe der abgestorbenen Gewebeflecke erschienen später Intumeszenzen. Daß auch andere Ursachen dergleichen Erscheinungen veranlassen können, ergibt sich aus dem Umstande, daß Wärzchen auf Kartoffelblättern schon zu einer Zeit beobachtet worden sind, als die Kupferbehandlung noch nicht eingeführt worden war[2]). Neuere Resultate in dieser Richtung hat v. Schrenk[3]) geliefert. An Kohlpflanzen, die in einem Glashause mit Kupfer-Ammon-Carbonat bespritzt worden waren, zeigten sich nach wenigen Tagen auf der Blattunterseite blasse, allmählich fast weiß werdende Knötchen, die sich ihrem anatomischen Bau nach als Intumeszenzen erwiesen. Auf ungespritzten Pflanzen in demselben Glashause waren keine Auftreibungen zu finden; wohl aber entstanden solche durch Bespritzung der Blätter mit schwachen Lösungen von Kupferchlorid, Kupferazetat, -nitrat und -sulfat. v. Schrenk betrachtet aber diese Intumeszenzen nicht als Korrelationserscheinungen, sondern als Reaktionen des Blattgewebes auf den chemischen Reiz der Gifte.



Abb. 128. Blüte von *Cymbidium Lowii* mit drüsenartigen Intumeszenzen (a auf den Perigonzipfeln). (Orig. Sorauer.)

Intumeszenzen an Blüten und Früchten.

Am seltensten sind die Intumeszenzen an Blütenorganen. Sorauer beobachtete einen derartigen Fall bei *Cymbidium Lowii*. Die normal großen, sonst gut ausgebildeten Blüten zeigten an den Perigonblättern unterseits quittengelbe oder gelbgrüne, halbkugelige Höcker (Abb. 128*a*); ebensolche Gebilde waren auch auf dem Fruchtknoten zu finden. In der Jugend besaßen sie eine glatte Oberfläche, später platzten sie in der Gipfel-

---

[1]) Sorauer, P., Einige Beobachtungen bei der Anwendung von Kupfermitteln gegen die Kartoffelkrankheit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. (1893), S. 32.

[2]) Masters, Leaves of Potatoes with warts. Gard. Chron. 1878, I, S. 802.

[3]) Schrenk, H. v., Intumescences formed as a result of chemical stimulation. Sixteenth ann. report Missouri Bot. Gard. May 1905.

region und vertieften sich trichterartig. An den alten Knötchen war die Vertiefung bis zur vollständigen Durchlöcherung der Perigonzipfel fortgeschritten. Die Blumen wurden dadurch unverkäuflich. In der beistehenden Abb. 128 sieht man die unterhalb der Epidermis (*e*) der Unterseite eines Peringonblattes befindliche Zellschicht zu aufrechtstehenden, anfangs kuppenartig zusammengeneigten, keuligen Schläuchen ausgewachsen (*s*), die zunächst von der an der Streckung unbeteiligten braunwandigen, verquollenen Epidermis zusammengehalten werden. Nach Sprengung der Oberhaut weichen die nunmehr selbst derbwandig, tiefbraun und inhaltsarm werdenden Schläuche garbenartig auseinander. Der Vorgang der Überverlängerung ergreift allmählich immer tiefer liegende Zellpartien und kann sich schließlich bis direkt unter die Epidermis der Oberseite fortsetzen (*w*), worauf eine Zerreißung dieser Epidermis und eine Durchlöcherung des Perigonzipfels zustandekommen[1]).

Die Anfangsstadien der Intumeszenzen wurden am Fruchtknoten studiert. Man bemerkt zunächst, daß an einer Stelle einige Oberhautzellen eine gelbbraune, verquollene Wandung bekommen und ganz unmerklich über die Oberfläche hervortreten. Unterhalb derartiger Stellen ist das Gewebe noch vollkommen farblos, aber dichter gedrängt und reichlicher mit Plasma und ölig aussehenden Tropfen erfüllt. Bei einigen dieser Zellen hat bereits eine radiale Streckung stattgefunden, die bis zur steilen Aufrichtung und einer Querfächerung derselben sich steigert. Der Vorgang greift allmählich auf die Umgebung, namentlich auf die dicht unterhalb der Epidermis liegenden Zellen über. Die sich überverlängernde Schicht wird auffällig dickwandig und färbt sich kaffeebraun, während die zusammensinkende, verquellende Epidermis eine hell gelbbraune Kappe bildet. Die Verfärbung ist von einem Verkorkungsprozesse begleitet, und diesem ist es wahrscheinlich zuzuschreiben, daß an den noch nicht vollständig entwickelten und daher noch in Streckung begriffenen Organen die spröde gewordenen Zellpartien zerreißen und abbröckeln. Dadurch wird die trichterförmige Vertiefung am Gipfel der Intumeszenz eingeleitet.

Von den auf Früchten auftretenden Intumeszenzen sind am häufigsten solche auf unreifen Hülsen von Bohnen und Erbsen beobachtet. Die Früchte erscheinen, namentlich wenn sie in der Nähe der Erdoberfläche sich befinden, stark mit Warzen bedeckt und erwecken den Verdacht starker Verpilzung, wie es beistehende Erbsenhülsen (Abb. 130) erkennen lassen.

Auf Querschnitten gewahrt man an einzelnen, dem bloßen Auge noch glatt erscheinenden Stellen, daß einige Epidermiszellen sich bereits zu strecken beginnen. Dieselben liegen oftmals unmittelbar neben einer Spaltöffnung, ohne daß aber sonst dieser Apparat bei der Entstehung der Intumeszenzen mitwirkte. Allmählich beteiligen sich auch die darunterliegenden Parenchymzellen an dem Streckungsvorgang. Die gestreckten Elemente fächern sich durch Querwände, und es entstehen nun feste, aus anfangs oft säulenförmig aneinandergereihten Zellreihen gebildete Warzen, die über 1 mm Höhe erreichen. Sie werden später durch Absterben der peripherischen Schichten braun, und ihre Zellreihen weichen nach Zerklüftung der Decke garbenartig auseinander.

---

[1]) Sorauer, P., Intumeszenzen an Blüten. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. XIX (1901), S. 115.

Das Stadium der höchsten Entwicklung stellt sich in Abb. 131 dar. Es bezeichnet *fr* den noch normalen Teil der Fruchtwand, *e* Epidermis; *p* sind die zum Teil sich kreuzenden Lagen dickwandiger Elemente der inneren pergamentartigen Fruchthaut. Im Zentrum der Wucherung (*w*) erkennt man die langgestreckten, säulenartig gestellten Parenchymzellen, die nach außenhin unregelmäßig fächerartig auseinandergehen. Die in der Zeichnung dunkel gehaltenen Randzonen (*z*, *z*) deuten das im Absterben begriffene Gewebe an. Die Wandungen dieser zusammengesunkenen, oftmals zu sich kräuselnden Zipfeln verschrumpfenden Parenchymgruppen erscheinen gelb bis braun und verleihen den Warzen eine erdartige Färbung. Durch die vielfache Zerklüftung der Intumeszenzen, die manchmal so dicht stehen, daß nur wenige normale Epidermiszellen sie trennen, erhält die ganze Fruchtwand stellenweise eine moosartige Oberfläche.

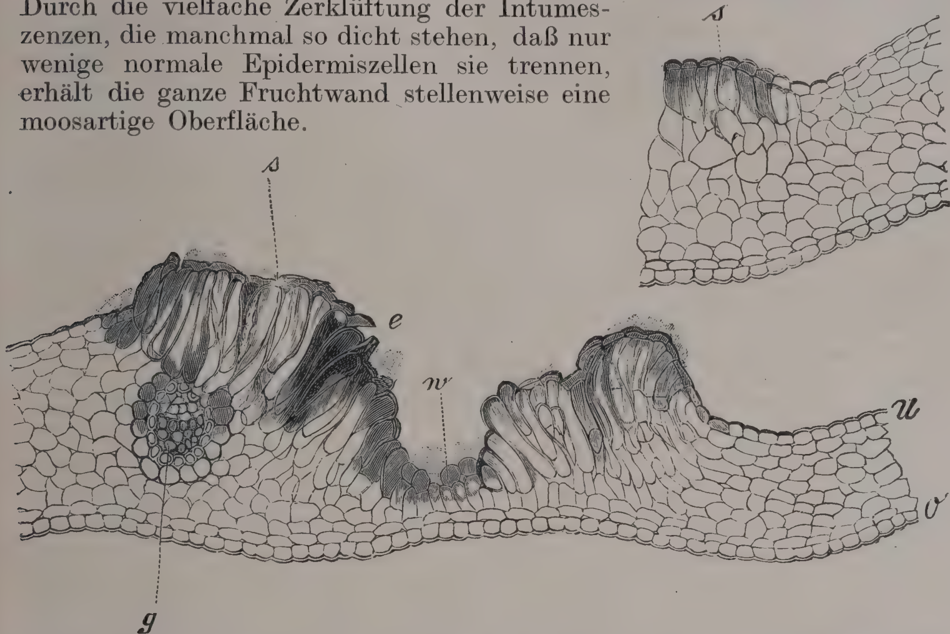


Abb. 129. Querschnitt durch eine Intumeszenz des Perigonzipfels von *Cymbidium Lowii*. Obere Abb. Jugendstadium, untere Abb. ausgewachsener Zustand. (Orig. Sorauer.)

O Oberseite, *U* Unterseite, *e* Epidermis, *s* (obere Figur) Anfang der Streckung der subepidermalen Zellen, *s* (untere Figur) Auseinanderreißen der keulig überverlängerten Zellen, *g* Gefäßbündel, *w* fortgeschrittener Durchlöcherungszustand.

Auch die pergamentartige Innenwand der Hülsen kann intumeszieren, und zwar ist dies sogar häufiger der Fall als bei der Außenwand. Bei manchen Erbsensorten mit sehr markigen Hülsen findet man fast alljährlich auf der festen, glatten Innenseite weiße, wie Schimmelrasen aussehende Gewebefilze. In einem Fall fand Sorauer im intumeszierten Gewebe zahlreiche Oosporen, die vermutlich zu *Peronospora Viciae* haben. Vgl. die Wollstreifen im Apfelkernhaus.

Aus den bisher angeführten Beispielen ergibt sich, daß auf allen oberirdischen Organen der Pflanze die Intumeszenzen auftreten können. Sie bilden nur ein Glied in einer Kette von Erscheinungen, die zum Teil gemeinsam miteinander auftreten, zum Teil sogar ineinander übergehen. Die einfachsten Störungen zeigen sich als Blattflecken; wir haben sie als „Aurigo“ angesprochen; sie charakterisierten sich durch Verarmung

einzelner Gewebegruppen im Blattinnern unter Zerstörung des Chlorophyllapparates meist unter Zurücklassung von Carotinkörpern. Während des Verschwindens des Chlorophylls bemerkt man ein Bestreben der Zellen, sich auszudehnen; sie füllen die Interzellularen aus, wobei sie auf die Umgebung einen Druck ausüben, und sterben schließlich unter Verkorkung der Zellwandungen. Man kann derartige Nester überverlängerter Zellen auch als „innere Intumeszenzen" (S. 472) bezeichnen. Bei den eigentlichen Intumeszenzen beginnen die Vorgänge der Verarmung und Zellstreckung in den peripherischen Schichten des Organs, und zwar meist in den subepidermalen Zellagen, seltener in der Epidermis selbst. Der Vorgang der Überverlängerung ist hier unbehinderter, und häufig schreitet er in die tiefer liegenden Gewebeschichten fort, so daß wir Fälle von Intumeszenzen haben, die an der Unterseite des Blattes beginnen und allmählich das gesamte Mesophyll bis zur oberen Epidermis umfassen. Wenn sich in dem intumeszierenden Gewebe Korkbildung einstellt, sehen wir schwielige



Abb. 130. Erbsenhülsen mit drüsig-aufgetriebener Außenfläche. (Orig. Sorauer.)

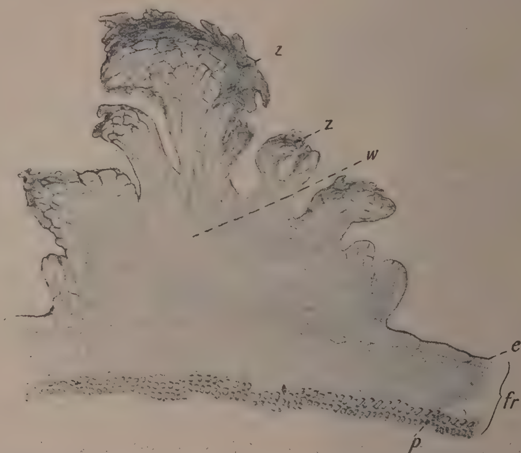


Abb. 131. Querschnitt durch die intumeszierte Außenseite einer Erbsenhülse. (Orig. Sorauer.)

oder grubige Korkherde auftreten, welche bis zur vollständigen Durchlöcherung eines Blattes führen können.

Am Achsenkörper äußert sich die Intumeszenz in Hypertrophie des Rindenparenchyms, das in abgeschlossenen Einzelherden in Form von Warzen mit glatter oder mannigfach zerschlitzter Oberfläche aus der Rinde hervorbricht. Bleiben die Vorgänge der Überverlängerung nicht auf kleine, isolierte Einzelherde beschränkt, sondern ergreifen sie infolge gleichzeitiger Überernährung der Pflanze das parenchymatische Gewebe in großen, zusammenhängenden Flächen, so reißen die Organe auf und stellen dann gleichzeitig jene Zustände dar, die wir bei der „Wassersucht" (S. 363) kennengelernt haben.

Obgleich somit die genannten Erscheinungen innerlich zusammengehören, haben wir sie doch getrennt behandelt, weil sich zu ihrem Zustande-

kommen bald die eine, bald die andere Ursache vorwiegend geltend macht. Für die Intumeszenzen erweist sich das Vorhandensein einer mit Feuchtigkeit reichlich versehenen Atmosphäre als ausschlaggebend, wie sich aus den Beobachtungen zahlreicher Forscher ergibt.

Über ältere Untersuchungen vgl. die Literaturangaben in Küsters pathologischer Anatomie[1]). Ein Teil der Arbeiten beschäftigt sich mit der Frage des Lichteinflusses bei dem Zustandekommen einer Intumeszenz. In dieser Beziehung erklärt Atkinson[2]), daß eine Erhöhung der Turgeszenz in den Blättern durch die herabgedrückte Transpiration zustande kommen wird, wenn die Glashäuser schwach beleuchtet sind. Tatsächlich finden sich in der Mehrzahl der Fälle Intumeszenzen zur Herbst- und Winterzeit, wenn die Glashäuser nach der Überführung der Pflanzen aus dem Freien bei dem kühlen, trüben Wetter geheizt werden müssen. Trotter[3]) spricht direkt aus, daß Halbdunkel die Bildung von Intumeszenzen begünstige, ja, Steiner[4]) sah solche sogar im Dunkeln entstehen, aber nur in den ersten Tagen der Verdunkelung, so daß man eine Nachwirkung der vorangegangenen Lichtarbeit vermuten darf. Dieser Autor beobachtete auch bei *Ruellia* und *Aphelandra*, daß die Pflanzen bei gleicher Luftfeuchtigkeit nach einigen Wochen aufhörten, Intumeszenzen zu bilden, sich also der hochgradig feuchten Atmosphäre angepaßt hatten. Daß der schroffe Übergang von trockener zu feuchter Luft wirklich ausschlaggebend ist, geht daraus hervor, daß die genannten Pflanzen wieder anfingen, Intumeszenzen zu bilden, nachdem sie drei Wochen hindurch in trockener Luft gehalten und dann in die feuchte wieder zurückgebracht wurden.

Unter Wasser sah Steiner keine Intumeszenzen entstehen, wohl aber konnte Küster[5]) solche an Pappelblättern wahrnehmen, die er auf Wasser oder Nährlösungen schwimmen ließ, und zwar im Dunkeln wie im Licht. Nur bei allzu intensiver Beleuchtung unterblieb dieser Vorgang, wahrscheinlich infolge der geförderten Transpiration. Im Gegensatz hierzu stehen die Angaben von Viala und Pacottet[6]), welche bei der Beschreibung von Intumeszenzen auf Weinblättern in Glashäusern angeben, sie hätten durch direkte Versuche festgestellt, daß die Intumeszenzen durch Lichtüberschuß in feuchter Atmosphäre erzeugt werden. Nur unmittelbar unter dem Glase sind solche entstanden. Dieselbe Beobachtung wird aus dem Missouri Botanical Garden gemeldet.

Die eingehendsten experimentellen Studien finden wir in den Arbeiten von Miß Dale[7]), welche bei *Hibiscus vitifolius* beobachtete, daß die gelben und roten Strahlen besonders wirksam zur Hervorrufung von Intumeszenzen

---

[1]) Küster, Ernst, Pathologische Anatomie. Jena 1903. Gustav Fischer.

[2]) Atkinson, G. F., Oedema of the tomato. Bull. Cornell Agric. Exp. Station 1893, Nr. 53.

[3]) Trotter, A., Intumescence fogliari di Ipomea Batatus. Annali di Botanica 1904, Nr. 1.

[4]) Steiner, Rudolf, Über Intumeszenzen bei Ruellia formosa und Aphelandra Porteana. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. XXIII (1905), S. 105.

[5]) Küster, E., Über experimentell erzeugte Intumeszenzen. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. XXI (1903), S. 452.

[6]) Viala et Pacottet, Sur les verrues des feuilles de la vigne. Compt. rend. Acad. d. sciences 1904, Nr. 138.

[7]) Dale, E., Investigations on the abnormal outgrowths or intumescences on Hibiscus vitifolius. Phil. Trans. R. Soc. of London, ser. B. CXCIV (1901). — Dale, E., Further experiments and histological investigations on intumescences, with some observations on nuclear division in pathological tissues. Phil. Trans. R. Soc. of London, ser. B. CXCVIII (1906).

sich erweisen. Betreffs der Wirkung der plötzlichen Änderungen in den Vegetationsbedingungen sind ihre Versuche mit Kartoffeln sehr lehrreich. Die Pflanzen wurden im Kalthause herangezogen und dann im Warmhause bei ungefähr 21° C unter einer hell beleuchteten Glasglocke aufgestellt. Bereits nach 48 Stunden waren der Stengel und fast alle Blätter auf ihrer Oberseite mit einer Unmenge von blaßgrünen Erhabenheiten bedeckt. Wurden die Pflanzen darauf in trockene Luft gebracht, schrumpften die Bläschen zu schwarzen Flecken zusammen, oder es entstanden Durchlöcherungen der Blätter. Fielen bei längerem Aufenthalt unter der feuchten Glocke einzelne Blätter ab, so entstand an der Blattnarbe ein großes Polster von Intumeszenzen, das Ähnlichkeit mit Wundkallus hatte. Ältere Pflanzen entwickelten unter gleichen Bedingungen nicht so schnell und auch nicht so zahlreiche, ganz alte Blätter überhaupt keine Intumeszenzen. Blattstücke, auf feuchte Baumwolle gelegt, waren nach etwa zwei Tagen dicht mit Auftreibungen bedeckt. Schnell gewachsene Pflanzen reagierten am leichtesten auf den Reiz des plötzlichen Feuchtigkeitswechsels.

Nur das jugendliche Organ ist reaktionsfähig. Wenn ältere Blätter, wie Sorauer dies z. B. bei *Solanum Warscewiczii* zu beobachten Gelegenheit hatte, nach dem Transport aus dem Freien in ein feuchtes Glashaus noch mit Intumeszenzbildung antworten, so sind dies Ausnahmefälle von besonderer Erregbarkeit der Art. Solche Fälle kommen bei verschiedenen Pflanzengattungen vor.

Abweichend von anderen Forschern erblickt Sorauer in der Intumeszenzbildung stets die Folge einer Hemmung in der Assimilationsenergie. Dieselbe kann sowohl durch Lichtmangel als durch Lichtüberschuß herbeigeführt werden; sie äußert sich aber stets durch geringe Neubildung fester Reservestoffe, meist sogar durch Lösung der vorhandenen geformten Inhaltskörper der Zellen. Die Abwegigkeit in der Assimilationsarbeit kann sehr gut, wie Dale annimmt, mit einer Steigerung des Oxalsäuregehaltes in den Zellen zusammenhängen und in der abnormen Turgorsteigerung zum Ausdruck kommen. Ebenso kann der Wurzeldruck dabei ausgeschaltet sein, wie die Experimente mit einzelnen Blättern und Blattstücken beweisen.

Die von Sorauer behauptete Unzulänglichkeit der Assimilationsarbeit, die sich in der Intumeszenzenbildung kundgibt, kann selbstverständlich durch verschiedene Kombination der Vegetationsfaktoren eingeleitet werden. In der Mehrzahl der Fälle glaubt er die Veranlassung in einer Steigerung von Wärme und Feuchtigkeit während einer Periode der Pflanze zu erblicken, in welcher sie in natürlichem Ruhezustande sich befindet oder durch äußere Umstände zu einer Assimilationsruhe gezwungen worden ist.

Wir haben den Intumeszenzen und verwandten Erscheinungen einen bedeutenden Raum gewidmet, um dadurch auf deren Bedeutung hinzuweisen. Vorzugsweise kommen die Glashauskulturen in Betracht, und vielfache Beobachtungen haben gezeigt, daß äußerst zahlreiche Krankheiten darauf zurückzuführen sind, daß man die natürliche Ruheperiode der Pflanzen oft nicht beachtet und sie durch hohe Wärme und Feuchtigkeit zu unzeitiger und daher abwegiger Produktion reizt.

Fünftes Kapitel.

Zu trockene Luft.

Nicht die absolute Feuchtigkeit der Luft ist es, die auf das Pflanzenleben am stärksten wirkt, sondern das Sättigungsdefizit[1]), d. h. die Wassermenge, die von der Atmosphäre bei einer gewissen Temperatur noch aufgenommen werden kann, also daran fehlt, daß sie gesättigt wäre; denn von diesem Defizit hängt die Größe der Verdunstung ab. Kalte Luft kann bekanntlich nicht so viel Wasser in Dampfform aufnehmen wie warme, daher müssen zu verschiedenen Zeiten des Tages und des Jahres große Schwankungen auftreten. Die Verdunstung von Wasser mit gleicher Temperatur wie die Luft ist nahezu proportional dem Sättigungsdefizit. Folglich ist das Sättigungsdefizit einer der bestimmenden Faktoren für die verdunstende Wirkung des Klimas. In der Regel ist das Sättigungsdefizit in der Nacht am kleinsten, am Tage am größten. Der Grad der relativen Luftfeuchtigkeit hat sehr große ökonomische Bedeutung für die Pflanze, da sie die Größe der Verdunstung beeinflußt.

Der Mangel einer genügenden Luftfeuchtigkeit ist ein bisher äußerst wenig berücksichtigter Faktor bei der Entstehung von Krankheitserscheinungen, trotzdem wir demselben z. B. bei den Zimmerkulturen beständig begegnen.

In welcher Richtung sich eine anhaltende, große Armut der Luft an Feuchtigkeit geltend machen wird, ersieht man aus den Eigenschaften der xerophilen Gewächse. Als Beispiel erwähnen wir die Verdickung der Epidermis, öfter mit einem Wachsüberzuge oder als Ersatz mit stärkerer Behaarung. Diese Merkmale treten an den Blättern um so stärker hervor, je höher dieselben am Stengel stehen[2]). Die Epidermiszellen sind gegenüber den Normalformen gewöhnlich etwas kleinlumiger, die Palisaden länger und dichter aneinander geschlossen, Interzellularräume geringer. Die mechanischen Gewebe in Achsen und Blattstielen sind stärker entwickelt, Markkörper minder kräftig, kleinzelliger, aber stärkereicher. Diese Veränderungen treten freilich fast immer in Verbindung mit großem Wassermangel im Boden auf, wodurch das Urteil darüber, welchen Einfluß die Trockenheit der Luft und die dadurch bedingte übermäßige Transpiration allein ausüben, oft schwer zu fällen ist (vgl. z. B. auch Honigtau). Gewisse Vorgänge aber sehen wir sich einstellen, wenn bei genügendem Wasservorrat im Boden die Luft anhaltend trocken ist, und diese werden hier zu erörtern sein. Es sind teils Hemmungserscheinungen im Knospenleben oder in den Keimungszuständen, teils Störungen in ausgewachsenen Blättern, welche zum sommerlichen Laubfall führen.

Hitzelaubfall.

Die Beobachtung zeigt, daß alljährlich vom Frühjahr an bei unseren sommergrünen Bäumen Laub abgeworfen wird. Bei städtischen Anpflanzungen fällt dies namentlich an *Acer negundo* auf; außerdem gesellen

[1]) Vgl. Warming-Graebner, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 3 Aufl. Ill. Ausg. S. 49ff. Dort auch die Anpassungserscheinungen an starke und schwache Verdunstung. — Grevillius, Morphologisch-anatomische Studien über die xerophile Phanerogamen-Vegetation der Insel Oeland. Englers Jahrbücher XXIII (1897), S. 24.

[2]) Vgl. auch Rippel, A., Der Einfluß der Bodentrockenheit auf den anatomischen Bau der Pflanzen. Habilitationsschr. Breslau 1919. Beih. Bot. Centralbl. XXXVI, 1, S. 187-259.

sich gern alsbald die wenig entwickelten Blütenstände der Linden oft lange Zeit vor der Blütezeit hinzu. Weniger auffällig, aber stets vorhanden ist der Vorgang auch bei anderen sommergrünen Baumarten. Wiesner[1]) nennt dieses ständige Abfallen einzelner vergilbter Blätter speziell den „Sommerlaubfall" und zieht die Ursache desselben in der Abnahme des höchsten Sonnenstandes. Wir glauben, daß auch andere Ursachen dabei wirksam sein können; denn während nach Wiesners Angaben die sommerliche Entblätterung sich vorzugsweise nach dem 21. Juni einzustellen pflegt, lehrt die Beobachtung, daß z. B. bei *Acer negundo*, *Acer Californicum* und verwandten Arten schon im Mai und Junianfang ein Abwerfen der erstgebildeten Blätter stattfinden kann.

Solange dieser Blattverlust im Verhältnis zur Gesamtbelaubung eines Baumes geringfügig ist, hat er keine pathologische Bedeutung. Es ist eine ganz normale Erscheinung, daß die Blätter eines Zweiges sich zu verschiedener Zeit ausleben und daher auch bald früher, bald später fallen. Die erstentstehenden im Frühjahr sind ihrer ganzen Anlage nach schwächlich; sie erreichen geringere Größe und Masse und geraten bald in eine ihre Assimilationslage hemmende Lage dadurch, daß die später entstehenden kräftigeren Blätter ihnen das Licht entziehen. Alsdann entledigt sich der Baum der arbeitsunfähigen Organe.

Als Krankheitserscheinung aber ins Auge zu fassen sind die sommerlichen Entblätterungen, welche massenhaft und plötzlich sich einstellen und das kräftig entwickelte, im vollen Lichtgenuß befindliche Laub erfassen, so bei einer längeren, mit großer Hitze verbundenen Trockenperiode. Den hierdurch eingeleiteten Blattabwurf unterscheidet Wiesner als „Hitzelaubfall", „offenbar in erster Linie infolge einer übermäßigen Transpiration, mit welcher die Zufuhr des Wassers vom Stamme her nicht mehr gleichen Schritt hält" (vgl. auch S. 295, Honigtau usw.).

Ein derartiger „Hitzelaubfall" ist besonders an Straßenpflanzungen, namentlich bei Linden sehr häufig, trotzdem reichlich bewässert worden war; durch die Rückstrahlung der dunklen Wärmestrahlen vom Pflaster (besonders dunklem Asphalt usw.) und von den Hausmauern wird Hitze und Lufttrockenheit besonders gesteigert. Daraus geht hervor, daß tatsächlich die trockene Luft bei reichem Sonnenschein als der schädigende Faktor anzusehen ist. Bei alleinigem Wassermangel im Boden stirbt das Laub an Sommerdürre, aber bleibt meist am Zweige hängen.

Die Sommerlinde leidet früher und stärker als die Winterlinde über das gleichzeitige Auftreten der Webermilbe (*Tetranychus telarius*)[2]) resp. von Blattläusen infolge der Anreicherung von Zucker (vgl. S. 297). Mit der Entlaubung, von der nur die Zweigspitzen ausgenommen sind, tritt eine vorzeitige Ruheperiode bei den Bäumen ein. Sobald das Wetter kühler wird (— oder bei reichlicher Straßenbewässerung auch noch innerhalb der heißen Zeit —), beginnt ein zweiter Trieb, wobei die sich entwickelnden Seitenknospen auch noch etwa sitzengebliebene Blätter abstoßen können (Treiblaubfall nach Wiesner). Dieser zweite Trieb erlangt meist nicht die gehörige Holzreife und leidet dann leicht durch winterliche Fröste bzw. kalte trockene Winterwinde.

---

[1]) Wiesner, Jul., Über Laubfall infolge Sinkens des absoluten Lichtgenusses (Sommerlaubfall). Ber. d. D. Bot. Ges. XXII. (1904), S. 64. Über den Hitzelaubfall, ebd., S. 501; vgl. auch Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 4. Aufl. (1921), S. 195.

[2]) Vgl. besonders die neueren Arbeiten von Zacher (s. Bd. III).

Zimmerkulturen.

Bei Zimmerpflanzen in trockenen, namentlich geheizten Räumen machen sich oft allerlei Anzeichen der Wirkung zu trockener Luft bemerkbar; namentlich wenn die betreffenden Pflanzen während des Sommers im Freien gestanden haben und nun einem starken Wechsel unterworfen sind. Durch die plötzlich gesteigerte Verdunstung der an feuchte Luft angepaßten Blätter und Stengel wird die Ökonomie der Pflanzen gestört. Diese Störung macht sich bei den einzelnen Arten in sehr verschiedener Weise bemerkbar. Immergrüne Dikotyledonen, aber auch sommergrüne, werfen oft plötzlich einen großen Teil der älteren Blätter ab; andere Pflanzen, namentlich Monokotyledonen, Palmen, Dracaenen usw. bekommen trockene Blattspitzen oder zeigen Vergilbung. Laien versuchen oft, diesen Schädigungen durch erhöhte Wasserzufuhr zu den Wurzeln entgegenzutreten, rufen aber bei der erzwungenen Stockung der Pflanzen dann leicht Wurzelfäulnis hervor (vgl. S. 190) und erhöhen dadurch den Blattfall. Sorauer[1]) versucht die Erscheinungen der Lufttrockenheit in Zimmern von den Wirkungen des Leuchtgases zu scheiden. Eine sonst gesunde, nur durch die Lufttrockenheit geschädigte Pflanze wird bald wieder normal treiben, eine vergossene oder durch Gas vergiftete aber nicht.

Bringt man Blattpflanzen tropischer Klimate (manche Blattbegonien, Ruellien, Maranten usw.) aus dem feuchten Warmhause in ebenso warme Zimmer, so bemerkt man alsbald einen Stillstand in der Entwicklung. Die älteren Blätter beginnen, sich zurückzukrümmen, die jüngeren rollen mehr oder weniger ihre Ränder und bleiben kleiner als die bisher gebildeten. Das Spitzenwachstum der Triebe wird verlangsamt, alle Streckungsvorgänge herabgedrückt. Eigenartig ist, daß bei manchen Pflanzen, z. B. bei vielen strauchartigen Begonien, selbst die in der trockenen Luft entstandenen Blüten nicht oder nur unvollkommen sich öffnen und schließlich, ohne zu erkranken, abfallen.

Stahl[2]) beschreibt, wie durch längeren Aufenthalt in trockener Luft die Wirksamkeit der Hydathoden verhindert werden kann. Die Pflanzen zeigen dann verschiedene Krankheitserscheinungen durch den Mangel an Exkretion, Verfärbung der Blätter, Internodien usw.

Mangelhafte Blütenentfaltung.

Viel häufiger, als man allgemein annimmt, machen sich die Folgen großer Lufttrockenheit bei den Blüten, und zwar namentlich den gefüllten, bemerkbar. Wenn man die Entwicklung von Exemplaren derselben Art mit einfachen und gefüllten Blüten an demselben Standort vergleicht (Fuchsien, Petunien, Knollenbegonien, Rosen u. dgl.), so wird man ausnahmslos eine schnellere und leichtere Entfaltung der nicht gefüllten Blüten beobachten. Das langsamere und schwerere Aufblühen gefüllter Blüten dürfte sich darauf zurückführen lassen, daß die durch den Blütenstiel zugeführte Wasser- und Nährstoffmenge sich auf ein weit bedeutenderes Blattmaterial verteilen muß. Der durch die vermehrte Zahl der Blumenblätter hervorgerufene Transpirationsverlust ist ein gewaltiger und ist oft keineswegs durch Begießen der Wurzeln zu ersetzen. Infolge-

[1]) Sorauer, P., Über die Erkrankung der Zimmerpflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXV (1915), S. 325—38).

[2]) Stahl, Ernst, Zur Physiologie und Biologie der Exkrete. Flora N. F. XIII (1919), S. 1—132 mit 3 Taf.

dessen leben sich die Organe schneller aus; sie werden notreif und sterben mitunter in ihrer Wachstumsregion schon ab, bevor sich die Blüte noch vollständig entfaltet hat. Daher findet man bei großer Trockenheit der Luft vielfach ein Abfallen halbgeöffneter Blüten, das nicht zu verwechseln ist mit dem Abwerfen der Blüten bei Wasserüberschuß (S. 396).

Eine der auffälligsten Schädigungen durch übermäßige Lufttrockenheit ist das Abfallen der gefüllten männlichen Blüten bei Knollenbegonien. Hier beobachtete Sorauer die Erscheinung vielfach in dem trockenen Sommer 1904 an Stellen, die niemals direktes Sonnenlicht erhielten. Daß die Trockenheit der Luft tatsächlich der schädigende Faktor war, ergab sich aus dem Umstande, daß solche Pflanzen, die ihre Blüten gerade während des Erschließens abfallen ließen, dieselben behielten und entfalteten, wenn sie über weite, mit Wasser gefüllte Bassins gestellt wurden. Vgl. auch oben.

Das Abfallen der männlichen Blüten (die weiblichen kamen stets zur Entfaltung) kündigt sich dadurch an, daß die Blüte die nickende Stellung der Knospe beibehält. Mit der Lupe erkennt man an der Ansatzstelle der Blütenblätter einen schmalen, braunen Ring. Dort erweist sich das jugendliche Gewebe in Wandung und Inhalt tief braun und zusammengefallen. Zwischen der Basis der Blumenblätter und der sie tragenden Achse bilden sich große Lücken durch Schrumpfen und Zerreißen des Gewebes der Blumenblattbasis, bis schließlich die Blumenblätter nur noch an wenigen Geweberesten festhängen. In den einzelnen Blumenblättern erscheinen die Gefäßbündel auch an den Stellen, die noch unverfärbt und anscheinend frisch sind, bereits tief gebräunt (vgl. auch S. 266). Das Absterben des Basalteils erweist sich als ein vorzeitiges Ausleben; denn man findet in dem Gewebe nur noch spärliche plasmatische Flocken als Zellinhalt. In der Nachbarschaft der abgestorbenen Gewebe zeigt sich eine abnorme Häufung von (teilweise schlecht ausgebildeten) Einzelkristallen des oxalsauren Kalkes als letzte Reste der veratmeten organischen Substanz.

Eine zweite Art mangelhafter Blütenentfaltung infolge der Lufttrockenheit wurde bei Liliaceen und Amaryllidaceen beobachtet; sie bestand darin, daß die Perigonzipfel an den Spitzen verklebt blieben. Während der übrige Teil der Blüte normal gestaltet und gefärbt war, vergilbten die verklebt bleibenden Perigonzipfel, schrumpften und trockneten zu einer schließlich brüchig werdenden Masse zusammen. Der wirtschaftliche Schaden ist nur dann von Bedeutung, wenn es sich bei der Blumentreiberei um die Entfaltung großer Einzelblüten wie bei *Lilium auratum* und *L. longiflorum*, *Hippeastrum robustum* usw. handelt.

An letzterer Art, die bei den Gärtnern auch als *Amaryllis Tettaui* bekannt ist und wegen ihres leichten Blühens als Zimmerpflanze vielfach kultiviert wird, beobachtete Sorauer die Öffnungsmechanik und deren unvollkommenes Funktionieren bei Trockenheit eingehender.

Die drei äußeren Zipfel des ziegelroten Perigons beginnen am vorletzten Tage vor der vollen Entfaltung der Blüten sich an ihren Basalteilen voneinander zu trennen, so daß die große kegelförmige Blütenknospe zunächst drei Schlitze zeigt. Die Spitzen dieser drei äußeren Blumenblätter aber bleiben noch fest miteinander verklebt, selbst wenn der Vorgang des Auseinanderweichens sich durch bevorzugtes Wachstum der Innenseite der Perigonbasis so verstärkt, daß dieselbe bauchartig nach außen vorgewölbt wird. In dieser immer stärker werdenden Konvexität liegt eine große

Federkraft, welche die verklebten Spitzen voneinander trennen möchte und in normalen Fällen auch tatsächlich voneinanderreißt. Wie groß diese federnde, durch basale Epinastie des einzelnen Perigonzipfels erzeugte Kraft ist, zeigt sich, wenn man die noch verklebten Spitzen der drei Zipfel ungefähr 48 Stunden vor der normalen Öffnungszeit abschneidet. Es sind dann binnen 10 Minuten die einzelnen Zipfel um 1,5—2 cm auseinandergewichen, d. h. die Blumenkrone hat sich so weit geöffnet. Der Apparat, welcher imstande ist, einer so stark federnden Kraft derartigen Widerstand zu leisten, besteht darin, daß die noch vollständig grünen Spitzen der drei äußeren Perigonzipfel zu einem festen, bisweilen fingerhutähnlichen Kegel von etwa 5 mm Länge verankert sind. Jeder Zipfel erscheint nämlich auf der Innenseite dickfleischig durch starkes Wachstum des der Mittelrippe entsprechenden kielartig vorgewölbten Teiles.

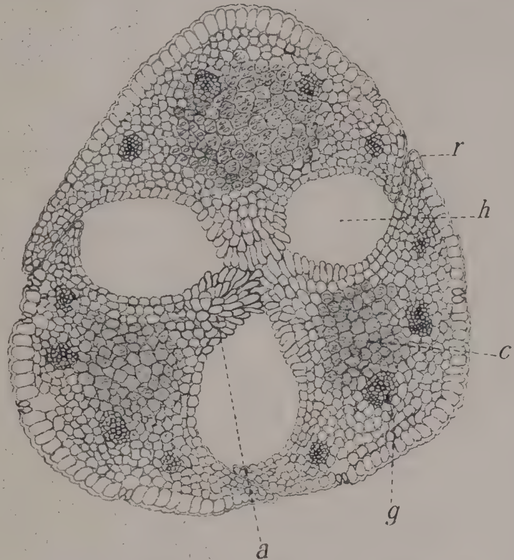


Abb. 132. Querschnitt durch die Spitzenregion einer noch nicht entfalteten Blume von *Hippeastrum robustum*. (Orig. Sorauer). Buchstabenerklärung im Text.

In Abb. 132 sehen wir, wie die drei Perigonzipfel in der Mittellinie sich mit ihren kielartigen Leisten (*a*) berühren. Diese Leisten besitzen keine Gefäßbündel; letztere (*g*) liegen vielmehr zu drei bis vier peripherisch in dem eigentlichen Laminarteil. Die einzelnen Laminarhälften zu beiden Seiten der fleischigen medianen Leiste sind nach innen gekrümmt und berühren die benachbarten Perigonzipfel mit den Rändern (*r*); diese sind grün, während die fleischigen, im Zentrum (*c*) die weitesten Parenchymzellen besitzenden Polster farblos erscheinen. Die Polster weisen nur spärlich große Stärkekörner gegenüber den zahlreichen kleinkörnigen Stärkemengen im übrigen Gewebe auf. Die Epidermis ist normal flachwandig an den Außenseiten der Perigonzipfel; die Innenseite derselben zeigt unter beginnender Entwicklung von rotem Farbstoff ein papillöses Auswachsen der Epidermiszellen. Während dieselben schon zu deutlichen, zahnradartig gegenseitig ineinandergreifenden Papillen an den polsterartigen Erhebungen ausgewachsen sind (*a*), zeigen sie an dem flachen Laminarteil noch kaum eine Streckung.

In diesem dichten Ineinandergreifen der Papillen eines Perigonzipfels zwischen diejenigen der anderen ist die Ursache zu erblicken, weswegen diese Zipfel so fest miteinander verankert bleiben. Ihre Loslösung voneinander unter Hilfe des federnden Zuges erfolgt dadurch, daß diese Papillen schnell zu keulenförmigen Haaren auswachsen und auf diese Weise den Verband lockern. In den Höhlen (*h*), welche die äußeren Perigonblätter frei lassen, liegen die Spitzen der drei inneren, deren Epidermis aber früher zu Papillen auswächst, als dies bei den äußeren der Fall ist. Diese inneren

Perigonzipfel werden jedenfalls durch das gegenseitige Aneinanderstemmen ihrer auswachsenden Papillen das Auseinanderweichen, also das Aufblühen begünstigen.

Bei trockener Luft bemerkt man nun zwar die Anlage der Papillen, aber nicht ihr Auswachsen zu keuligen Haaren, und deshalb bleiben die Spitzen der Perigonblätter vereinigt und schrumpfen allmählich.

Knospenbeschädigung.

Betreffs des Knospenlebens haben wir zwei Zustände auseinanderzuhalten: die Öffnung der Knospen und ferner das Hervorbrechen des jungen Triebes kurz nach Entfaltung der Knospen. Setzt eine längere Trockenperiode im zeitigen Frühjahr ein, wie sie in der Regel bei andauerndem Ostwind sich erhält, so wird ebenso wie bei der Zimmerkultur der auf abwechselnder Wirkung von Sonnenschein und Regen beruhende Öffnungsvorgang der Knospe behindert. Die in dem Knospenschuppengewebe vieler Baumarten meist durch Membranschmelzung entstehenden Gummimassen müssen zur Erleichterung der Knospenentfaltung durch Regen erweicht sein, während die harzartigen und teilweise balsamischen Schmelzungsprodukte in den Knospenschuppen, durch den Sonnenschein erwärmt und erweicht, dem Druck der schwellenden Knospe gleichzeitig nachgeben. Bei anhaltend trockener, meist windiger Frühjahrswitterung wird die Knospenentfaltung nun dadurch gestört, daß die Innenseite der lebenden Knospenschuppen an ihrem notwendigen Wachstum verhindert wird und die letzteren sich daher nicht genügend zurückschlagen können.

Bei der zweiten Art der Schädigung wird die hervortretende, junge Triebspitze plötzlich den scharfen Sonnenstrahlen und der hochgradigen Verdunstung in abnorm trockener Luft ausgesetzt, nachdem sie bereits den vor zu starker Verdunstung schützenden Mantel der Knospenschuppen abgestreift hat. Zum Verständnis dieser Vorgänge geben wir nach Grüss[1]) einige Abbildungen (Abb. 133, 134).

In Abb. 133 finden wir den Querschnitt durch die Knospendecke der Eiche, bei Abb. 134 den von *Pinus mughus.* Man unterscheidet leicht die einzelnen Schuppen, die fest übereinandergeschachtelt erscheinen, an der stark entwickelten Epidermis der Außenseite und findet bei Vergleich der beiden Knospenhüllen die Steigerung der Schutzvorrichtungen bei dem Nadelbaum durch Einlagerung der Harzmassen (*h*). An dem Querschnitt der einzelnen Deckschuppe bemerkt man, daß ihre Außen- oder spätere Unterseite besonders stark verdickte Elemente besitzt. Bei *Pinus* sind die Epidermiszellen in hohem Grade sklerenchymatisch verdickt. Bei der Wintereiche, deren Knospendecke im vorliegenden Falle aus acht einzelnen Schuppen zusammengesetzt ist, sind die unterhalb der Epidermis befindlichen Zellagen die stark verdickten, so daß das Lumen fast ganz verschwindet. Die Sommereiche, *Qu. pedunculata*, verhält sich etwas abweichend. Infolge der sklerotischen Elemente in den Deckschuppen behalten dieselben, wenn sie im Frühjahr sich durch Basalwachstum vergrößern, eine gewisse Steifheit und bleiben dem hervorbrechenden Triebe länger angedrückt. Dadurch beschützen sie ihn länger vor den gefährlichen Temperaturschwankungen. Die Eiche in den wärmeren Mittelmeerländern,

[1]) Grüss, J., Beträge zur Biologie der Knospe. Pringsheims Jahrb. f. wissenschaftliche Bot. XXIII, S. 637ff.

Quercus ilex, hat die sklerotischen Elemente in ihren spärlichen Knospendecken nicht oder kaum angedeutet. Hier handelt es sich um Schutz gegen die sommerliche Trockenperiode, und dazu dienen ein Haarapparat, der sich aus der Epidermis, und eine Korklage, welche sich aus dem subepidermalen Gewebe entwickelt.

Zur Zeit des Laubausbruchs wächst nun die Innenseite der bisher dachartig zusammengeneigten Schuppen, die bekanntlich nichts anderes wie reduzierte, auf ihren Stipularteil beschränkte Blätter sind, an der Basis weiter, während die sklerotisierte Außenseite dies nicht tut. Folglich wird die Basis der nunmehr vom Rand her vertrocknenden Schuppe fleischig, polsterförmig und drückt sie somit gespreizt nach außen. Dies ist der Zeitpunkt der Gefahr; denn nun ist der zarte junge Trieb nahezu schutzlos den Temperaturschwankungen ausgesetzt. Daher finden wir im Frühjahr bisweilen durch Frosteinwirkung hervorgerufene innere Zerklüftungen (siehe Kapitel Frostwirkungen) oder Schrumpfungserscheinungen durch Trockenheit infolge anhaltender scharfer Ostwinde.

Gleichviel auf welche Weise bei den einzelnen Baumarten der Schutzapparat der Knospenschuppen gebildet wird, ob aus sklerotischen Zelllagen oder aus Korkschichten, Haarfilzen oder Harzmassen, so steht die eine Tatsache fest, daß diese Apparate je nach der Witterung und Nahrungszufuhr zur Zeit ihrer Anlage sich in den verschiedenen Jahren verschieden ausbilden und demnach im folgenden Frühjahr von verschiedener Schutzkraft sind. Wenn z. B. der Sommer feucht und trübe gewesen ist, neigen die Deckschuppen in ihrer Entwicklung mehr zur Natur des grünen Laubblattes, und die Zellen werden größer, aber weniger verdickt; sie reagieren im Frühjahr schneller auf die Turgeszenzsteigerung der Gewebe und werden schneller auseinanderweichen. Damit wird die Sproßanlage frühzeitig den Unbilden der Frühjahrswitterung ausgesetzt und dabei zu schnell seines Transpirationsschutzes beraubt.

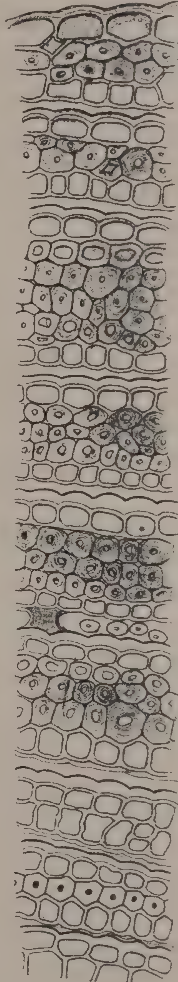


Abb. 133. Querschnitt durch die Knospendecke von *Quercus sessiliflora*. (Nach Grüss.)

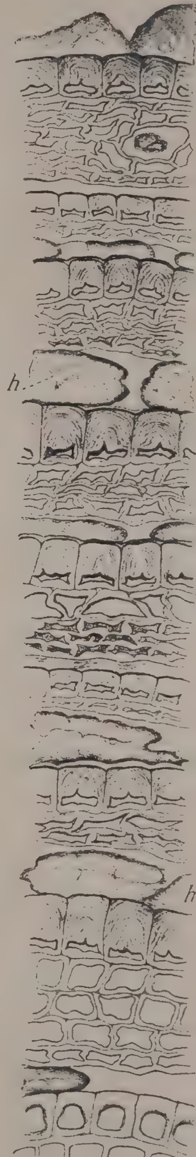


Abb. 134. Querschnitt durch die Knospendecke von *Pinus mughus*. (Nach Grüss.)

Dieser Faktor ist nicht zu unterschätzen, denn Grüss (a. a. O S. 649) berichtet, daß, als er von einer Eichenknospe die äußeren stärkeren Deckschuppen entfernte, er fast regelmäßig ein Zugrundegehen der Knospe bemerkte, selbst wenn die Temperatur nicht sank und Feuchtigkeit in genügendem Maße vorhanden war. Auch die inneren, zarthäutigeren Tegmente vertrockneten, da sie an die Transpirationssteigerung nicht gewöhnt waren. Die unter gleichen Bedingungen (auf abgeschnittenen Zweigen) gehaltenen, unverletzten Knospen entwickelten sich weiter.

Der Versuch bei Buchenknospen, denen die ganze Knospendecke genommen worden war, zeigte, daß die jungen, bloßgelegten Blätter viel länger frisch blieben als bei der Eiche, und man darf dieses Verhalten dem Umstande zuschreiben, daß die jungen Buchenblätter vor zu starker Transpiration und dem Vertrocknen durch ihre Behaarung besser geschützt werden. Dafür spricht auch die Beobachtung von Grüss, daß bei *Aesculus hippocastanum* die jungen, bekanntlich sehr dicht behaarten Blätter nach der Entfernung der Knospendecken sich doch noch normal entfalten. Die Wirksamkeit des Harzschutzes ergibt sich aus einem Beispiel bei *Abies pinsapo*. Hier vertrockneten diejenigen Knospen, deren Harz durch Schwefelkohlenstoff entfernt worden war.

Die Ausbildung der Knospendecken kann man nicht beeinflussen.

Hartschaligkeit der Samen (bes. Leguminosen).

Die Hartschaligkeit mancher Samen, namentlich der Leguminosen, kann als eine natürliche Schutzvorrichtung der im Quellungsstadium höchst anfälligen Samenkörner gegen Mikroorganismen angesehen werden. Alle unsere wildwachsenden Schmetterlingsblütler zeigen dasselbe Bauprinzip, und erst bei unseren Kulturen wird die Hartschaligkeit zum schädigenden Faktor, sobald sie das Keimen des Saatgutes verhindert.

Die Hartschaligkeit beruht auf der besonderen Verstärkung der Palisadenschicht des Samenkorns, welche mit ihrer Kuticula die äußerste Lage der Samenschale bildet. Diese säulenförmigen, äußerst dicht aneinandergefügten Palisaden zeigen im Querschnitt stark lichtbrechende Querlinien (Lichtlinien) von besonders dicht gebauter Substanz. Der Zellinhalt enthält jene Stoffe, welche die Färbung der Samenschale veranlassen, und denen als Schutzstoffe gegen parasitäre Angriffe eine hervorragende Bedeutung zugeschrieben wird. An die von Nobbe als „Hartschicht" angesprochene Palisadenschicht schließt sich nach innen eine Lage von sogenannten Sanduhrzellen, worauf dünnwandige Zellagen mit großen Interzellularen folgen, die bei der Quellung des Samens besonders beteiligt sind. Entsprechend der Kleberschicht bei dem Getreidekorn finden wir bei der Mehrzahl der Leguminosensamen mit Ausnahme der Phaseoleen und Vicieen und einiger anderer Arten nach Harz (Landwirtschaftliche Samenkunde) ein Endosperm in Form einer harten, hornigen, im Wasser schleimig werdenden Lage. In der Nabelgegend pflegen Palisaden und runde Sanduhrzellen zweireihig aufzutreten.

Daß die Hartschaligkeit, welche die schnelle Quellung des Samenkorns verhindert, wirklich einen Schutz gegen Mikroorganismen bildet, beweist ein Versuch von Hiltner, dem wir in der Darstellung folgen[1]). Ältere

---

[1]) Hiltner, L., Die Keimungsverhältnisse der Leguminosensamen und ihre Beeinflussung durch Organismenwirkung. Arbeiten d. Biolog. Abteil. f. Land- u. Forstwirtsch. am Kaiserl. Gesundheitsamte. III. Heft 1. Berlin 1902.

Lupinensamen, die nicht absolut hartschalig, sondern nur schwer quellbar waren, wurden in Wasser zum Aufquellen gebracht. Die an jedem Tage aufgequollenen Samen wurden gesondert in den Keimapparat gelegt, und es ließ sich feststellen, daß die zuerst aufgequollenen, also gar nicht hartschaligen Lupinenkörner fast sämtlich verfaulten, während der Prozentsatz der zur Keimung gelangenden Samen um so höher wurde, je später die Aufquellung erfolgte, je höher also der Grad der Hartschaligkeit war.

Aus Versuchen mit achtjährigem Kleesamen, der durch das Alter teilweise schon nachgedunkelt, ja selbst bisweilen braun und geschrumpft erschien, und der nun nach seiner Färbung sortiert zur Aussaat gelangte, ging hervor, daß die Körner, die noch das Aussehen völlig frischer Saat zeigten, die höchsten Keimprozente aufwiesen. Von den bereits verfärbten Samen waren die braungewordenen die schlechtesten und zeigten mehr als 90 % faulige Körner. Bei den nur leicht nachgedunkelten Samen ergab sich das bemerkenswerte Resultat, daß die hellen Körner einen bedeutend größeren Ausfall durch Fäulnis aufwiesen als die violetten Samen, was zu der Anschauung führte, in dem violetten Farbstoff der Samenschale einen Schutzstoff gegen bakterielle Angriffe anzuerkennen.

Daß die Hartschaligkeit von der Witterung abhängig ist, geht aus dem verschiedenen Prozentsatz von Keimlingen, den eine bestimmte Art in den einzelnen Jahrgängen liefert, deutlich hervor. Durch welche Art der Witterungseinflüsse diese unliebsame Beschaffenheit des Saatgutes veranlaßt wird, läßt sich daraus erkennen, daß Hiltner bei künstlicher Austrocknung der Samen (durch eine Temperatur von 35° C oder über Schwefelsäure) den Prozentsatz an hartschaligen Körnern erhöhen konnte. Es wird also ähnlich wie bei dem Glasigwerden des Getreides sein: je schneller der Trocknungsvorgang bei der Reife sich vollzieht, desto mehr hartschalige Samen dürften sich bilden.

In der Praxis zeigen sich nun aber einander mannigfach widersprechende Erfahrungen. Bei trockener Lagerung beobachtete man, daß die Samen von Lupinen, Wicken, Inkarnat- und Wundklee mit der Zeit hartschaliger wurden, während die feineren Kleesämereien eher das Gegenteil zeigten. Der Widerspruch löst sich aber durch die Beobachtung von Hiltner an künstlich getrockneten Samen. Derselbe Einfluß, der bei dickwandigen Samen eine erhöhte Fähigkeit der Schale hervorruft, bewirkt dies zwar auch bei den dünnwandigen; aber bei diesen treten infolgedessen Spaltungen in der Schale auf, welche die Unquellbarkeit vermindern. Übrigens soll auch die Kälte, wie Rodewald meldet, eine Verminderung der Hartschaligkeit bei Leguminosensamen herbeiführen.

Wenn man sich vergegenwärtigt, daß die sehr stark hartschaligen Samen jahrelang im Boden liegen können, ohne zu keimen, und selbst die minder quellungsunfähigen so spät zur Keimung gelangen, daß sie zwei- und mehrwüchsigen Bestand veranlassen, so wird man einsehen, daß der Landwirt zur künstlichen Beseitigung der Hartschaligkeit greifen muß. Es sind nun im Laufe der Jahre vielfache Mittel empfohlen worden. So sollte man beispielsweise die Samen mechanisch bearbeiten, etwa mit scharfem Sande verreiben oder in eine 1 bis 2 %ige Lösung von kohlensaurem Natron legen, um die Kieselsäure in der Schale in Lösung zu bringen. Von anderer Seite wurde der Vorschlag gemacht, die hartschaligen Samen einfach abzusieben, weil sie etwas kleiner wie die quellbaren befunden worden sind. Auch die Heißwasserbehandlung ist, und zwar mehrfach mit

Erfolg, zum Teil aber auch mit Mißerfolgen zur Anwendung gebracht worden. Eintauchen in kochendes Wasser für eine Minute hat schon geschadet, dagegen sich bei der Dauer von fünf Sekunden bewährt. Eine richtige Einhaltung so kurzer Zeitperioden aber darf man den Arbeitern nicht zutrauen. Kaliumpermanganat, verdünnte Schwefelsäure, Kupferoxydammoniak haben sich ebensowenig wie Sodalösung bewährt; dagegen fand Hiltner in der konzentrierten Schwefelsäure ein wirksames Mittel. Dieselbe hat selbst bei längerer Einwirkung sich nur für solche Samen schädlich erwiesen, die Verletzungen der Schale beim Drusch erlitten hatten. Im allgemeinen wird $^1/_2$—1 Stunde Beizdauer hinreichend sein, wenn die Samen durch ein Rührwerk auch tatsächlich alle benetzt werden. Nach vollendeter Beizung entferne man zunächst die Säure durch Nachspülen mit Wasser und setze dann möglichst bald etwas Kalkmilch zu, die 5—20 Minuten lang einwirken muß. Die mikroskopische Untersuchung derartig gebeizter Samen ergab, daß (bei *Albizzia lophantha*) die Schwefelsäure nicht nur die Kuticula, sondern auch den größten Teil der Palisadenzellen weggenommen, aber vor der Lichtlinie haltgemacht hatte. Jedoch erst, wenn diese Lichtschicht selbst an einigen Stellen von der Säure durchbrochen war, wurden die Samen in Wasser quellfähig[1]). Es ist deshalb diese in der Samenschale sämtlicher Leguminosen vorhandene Zellschicht, die nach Mattirolo[2]) aus einer besonders dichten Zellulose besteht, welche den Samen vor schneller Wasseraufnahme und -abgabe schützt. Loesener hat bei der *Ilex*-Samen ähnliche Verfahren mit Erfolg angewandt.

An die angeborene Hartschaligkeit schließt sich das Verhärten der Samenhaut während der Keimung. Bei solchen Sämereien, welche im Keimprozeß die Kotyledonen über die Erde emporheben, streifen diese allmählich die kappenförmig aufsitzende Samenschale ab, wenn dieselbe die aufgenommene Feuchtigkeit lange genug behält und dehnbar bleibt. Tritt dagegen plötzlich eine heiße, regenlose Periode ein, trocknet die Kappe auf den Kotyledonen zusammen und verhindert deren Entfaltung sowie das Hervorbrechen des jungen Stengelchens. Dasselbe zwängt sich, falls es nicht erstickt, schließlich unter Verkrümmung seitlich hervor. Häufig sind solche Erscheinungen bei keimenden Bohnen, dann auch bei Kürbissen, Melonen, Steinobstsaaten usw. Am störendsten erwies sich das Sitzenbleiben der abgetrockneten Steinfruchtschalen bei Sämlingen von Pflaumen, Pfirsichen und anderen Amygdaleen.

Wirkungen des Windes.

Bei starken Stürmen werden einzelne Bäume oder auch ganze Wälder oder Teile von ihnen abgebrochen oder umgeworfen[3]). Tiefwurzelnde Gehölze werden abgebrochen („Windbruch“), flachwurzelnde mit ihrem flachen Wurzelballen geworfen (vgl. S. 197, Abb. 32, 33). Laubert[4])

[1]) Hiltner und Kinzel, Über die Ursachen und die Beseitigung der Keimungshemmungen bei verschiedenen praktisch wichtigeren Samenarten. Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft 1906, S. 199.

[2]) La linea lucida nelle cellule malpighiane degli integumenti seminale. Torino 1885, vgl. bei Hiltner und Kinzel.

[3]) Über einen großen Windbruch in der Schweiz vgl. v. Greyerz, Über die Föhnsturmkatastrophe vom 4./5. Januar 1919 im Berner Oberland. Schweizer. Zeitschr. f. Forstwesen LXXII, Nr. 1, S. 2—11 (1921), mit 1 Kartenskizze.

[4]) Laubert, R., Auffällige Blattschäden an Roßkastanien. Gartenflora LXVIII (1919), S. 208.

beschreibt das Abknicken der Mittelrippen und Absterben der Foliola an Roßkastanien durch böigen Wind.

Hier müssen aber solche Wirkungen des Windes besprochen werden, die auf die dauernde Einwirkung, namentlich auf die wasserentziehende Kraft zurückzuführen sind. Hierzu gehört die schiefe Richtung der Stämme. Die auffälligsten und häufigsten Erscheinungen bieten die Straßenpflanzungen, namentlich dann, wenn Gräben zu beiden Seiten der Chausseen oder Landwege laufen. Es läßt sich doch die auffällige Erfahrung



Abb. 135. Zwei windgedrückte und windgeschorene Fichten. Die linke Pflanze besitzt zwei Hexenbesen und drei Sekundärwipfel. (Nach Klein.)

machen, daß, wenn sich die Straße senkrecht zur herrschenden Windrichtung (bei uns meistens West) hinzieht, diejenige Baumreihe, welche dem Windeinflusse zunächst steht, ziemlich gerade stehende Stämme behält, während die andere Seite mehr oder weniger tief ostwärts geneigte, über den Graben überhängende, manchmal Säbelwuchs zeigende Bäume besitzt. Das Überbiegen der Stämme nach der Grabenseite wird seinen Grund in der schlechten Wurzelstütze am Abhang haben, der Fahnenwuchs der Kronen hängt aber sicher mit der noch zu besprechenden meist sehr wenig beachteten Saugung im Windschutz zusammen.

Der „Säbelwuchs“ wird verständlich, wenn man bedenkt, daß der Baum alljährlich in der Frühjahrs- und Sommerzeit, in welcher die Triebe sich ausbilden, durch den Wind geneigt wird. Die zu dieser Zeit fortwachsende Spitze des jungen Stammes strebt sich immer in der Senkrechten zu erhalten, und krümmt sich um so mehr, je schneller der Baum zur Horizontalen gedrückt wird. Was hier von der Hauptachse gesagt ist, bezieht sich auch auf alle Zweige, welche in scharfen Windlagen tatsächlich einseitig fahnenartige Kronen darstellen.

Der fahnenartige Charakter liegt nicht nur in der Biegung der Äste nach der Seite, wohin der Wind weht, sondern auch in der Verzweigung, welche bei größerer Menge der Haupttriebe spärlicher zu sein scheint. Die Zweige, welche dem Wind entgegenwachsen müssen, bleiben kürzer und sterben bisweilen ab.

Sehr instruktive Beispiele liefert Ludwig Klein[1]) in zwei Fichten (Abb. 135) vom Weidfeld oberhalb des Weges Haldenwirtshaus-Wiedenereck. Die Bäume sind auf der Windseite nahezu ihrer Äste beraubt, geradeso, als ob eine Hälfte der Krone mit der Schere abgeschnitten wäre (scherende Wirkung des Windes, s. auch Abb. 136). Dieses Abtöten der Äste schiebt Klein mit Recht auf die austrocknende Wirkung des Windes. Auch Hill[2]) konstatiert neben der Abkühlung die austrocknende Wirkung auf Sämlinge von Senf und Kresse, die im künstlichen Luftstrom stark verkrüppelten.

Über die mechanische schleifende Wirkung des Windes, auch durch mitgeführte Schneekristalle usw., hat Jos. Braun[3]) neuerdings mehrfache Untersuchungen für das Hochgebirge veröffentlicht und reich illustriert; das Schleifen kann zu völliger Entrindung führen. Auf den Dünen der Meeresküsten kann der fliegende Sand zur Verletzung und Verfärbung der Blattepidermis an Laubhölzern (Erlen, Linden usw.) führen, die mitunter deutliche Korkbildung zeigen.

Auch bei Waldpflanzungen in der Nähe der Küsten ist die einseitige Kronenentwicklung bemerkbar. Das Vertrocknen der Zweige wird zum Teil jedenfalls auf die stete Reibung durch den Wind zurückzuführen sein, zum sehr viel größeren Teil aber durch die unverhältnismäßig gesteigerte Verdunstung. Die einzelnen Böen eines Sturmes üben einen sehr verschiedenen Einfluß auf die Luft zwischen den Blättern und Zweigen und damit auf die Spaltöffnungen und die daran grenzenden Interzellularräume aus. Bei starkem Luftstrom tritt eine Luftverdünnung in den Räumen ein, die Luft wird abgesogen wie bei der Wasserstrahlluftpumpe; beim Nachlassen der Böe wird der normale Luftdruck wiederhergestellt. Die feuchte Luft wird aus den Spaltöffnungen herausgezogen, die trockene des Windes tritt dafür wieder ein; so geht es abwechselnd hin und her. Wie stark die Saugung wirkt, zeigt jeder besonders starke Sturm: meist werden nicht die Dachseiten abgedeckt, die dem Winde entgegenstehen, wenn sie eben nicht zu starke Angriffspunkte haben, sondern die dem Winde abgewendeten werden emporgeschleudert, und hinter den Gewächshäusern aufgestapelte

[1]) Klein, L., Die botanischen Naturdenkmäler des Großherzogtums Baden usw. Karlsruhe 1904, Abb. 26.

[2]) Hill, Leon., The growth of seedlings in wind. Proc. Royal Soc. Ser. B. XCII (1921), 1, S. 102—120 mit 2 Taf. mit 10 Abb.

[3]) Braun, Jos., Mechanische Windwirkung auf die hochalpine Vegetation. Ber. Schweiz. Bot. Ges. XIX—XXI (1916), und Vegetationsverh. d. Schneestufe in den Rätisch-Lepont-Alpen. Neue Denkschr. Schweiz. N. Ges. XLVIII (1913), 347 S., mit Taf. u. Abb.

Mistbeetfenster oder durch Querleisten reichlich Luft zwischen sich lassende Bretter werden in die Höhe gehoben und oft weit fortgeschleudert.

Je unmittelbarer ein Blatt oder ein Zweig von dem Sturme getroffen wird, desto stärker die Saugung, der Luftwechsel, also die Austrocknung. Auch ohne mechanische Verletzung des Laubkörpers und der Zweige muß das Wachstum an der Windseite gehemmt werden, und zwar desto mehr, je häufiger der Wind weht. Diese Hemmung des Wachstums erstreckt sich nicht nur auf den Längenwuchs der Organe, sondern auch auf ihre innere Ausbildung. Die Zweige „reifen" nicht aus und erfrieren im Winter. Trockene Winterwinde (Schimper, Baumfeindliches Klima) bringen aber



Abb. 136. Durch den Wind geschorene Sanddorn- (*Hippophaes-*) Sträucher auf der Helgoländer Düne. (P. Graebner, phot.)

auch ohne mangelhaftes Ausreifen durch die Saugung und Austrocknung die Zweige zum Absterben[1]). Die Schwierigkeit in der Neubewaldung von Küstenstrichen ist nicht allein, wie wohl vielfach angenommen[2]), durch den Salzgehalt der Seewinde, sondern einfach durch die Windwirkung zu erklären.

Die Krüppelformen der Bäume an den Küsten und an den Höhengrenzen des Baumwuchses verdanken in den meisten Fällen auch dem Winde ihre Entstehung. Die Wipfel werden zum Teil vertrocknen und vom Winde abgebrochen; ein hier wesentlich mitwirkender Faktor dürfte

[1]) Kny, L., Über die Aufnahme tropfbarflüssigen Wassers durch winterlich-entlaubte Zweige von Holzgewächsen. Berichte d. Deutschen Bot. Gesellsch. XIII (1895), S. 361—375.

[2]) Anderlind, Leo, Bericht über die Wirkung des Salzgehaltes der Luft auf die Seestrandskiefer (*Pinus pinaster*). Forstl. naturwiss. Zeitschr. 1897, Heft 6.

allerdings auch Schneebruch sein. Ein schönes Beispiel schildert Preda[1]) von der Livorneser Küste. Außer den schief gestellten Stämmen der Kiefernarten und der Stecheiche sieht man *Juniperus Phoenicea* und *Tamarix Gallica* schlangenartig verbogen und die Zweige von *Phyllirea* und anderen Sträuchern miteinander verstrickt am Boden entlang kriechen. Eine ähnliche Stellung entwirft Hansen[2]) von der Insel St. Honorat bei Cannes, auch Graebner sah und photographierte vielfach solche Bäume an der Französisch-Italienischen Riviera und an der Istrisch-Dalmatinischen Küste, ebenso Bernatsky.

Graf von Schwerin[3]) möchte die dickästigen Kugeln mancher Baumkronen (bes. Roßkastanie, Eiche, Spitzahorn) an Chausseen der Windwirkung zuschreiben.

Bernhardt[4]) bezeichnet für Deutschland gewisse Gegenden als besonders oft heimgesuchte Sturmherde. Beispielsweise seien Schwedt a. O.,



Abb. 137. Vom Winde in den Sand eingewehte Krüppeleiche (Kratt) an der Ostseeküste. (Nach Warming.)

das Schlesische Gebirge, der Bayrische und Oberpfälzer Wald, der Frankenwald und in beschränkter Weise auch das norddeutsche Küstenland (Mecklenburg, Holstein) zu nennen. In diesem Küstenlande herrschen im allgemeinen Nordoststürme ebenso häufig wie West- und Nordweststürme, während für Süddeutschland West- und Südwestwinde, im ganzen Norddeutschland aber West- und Nordwestwinde ein ausgesprochenes Übergewicht besitzen.

Daß die Verteilung der Pflanzen sich den Windverhältnissen anpassen wird, ist sicher, indem die windfesteren Arten am besten aushalten werden.

---

[1]) Preda, L., Effeti del libeccio etc. Bollet. Soc. Bot. ital. 1901, S. 381—84; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 160.

[2]) Hansen, A., Flora oder Allgem. Bot. Zeitung XCIII (1904), S. 44.

[3]) Schwerin, Gf. F. v., Baumkronen als „Windkugeln". Mitt. Dt. Dendr. Ges. XXVIII (1919), S. 181f. mit 1 Taf.

[4]) Die Waldbeschädigungen durch Sturm und Schneebruch usw.; vgl. Forsch. auf dem Geb. d. Agrikulturphysik 1880, S. 527.

Schröter und Kirchner[1]) zitieren beispielsweise eine Erklärung von Müller über die Verbreitung der baumartigen Bergkiefer (*Pinus uncinata*) in den Alpen, die früher einen größeren Verbreitungsbezirk gehabt hat, aber durch ihr langsames Wachstum, ihr Lichtbedürfnis und ihre Genügsamkeit sich auf Stellen zurückgezogen hat, wo eine andere Waldvegetation sich nicht mehr entwickeln will, nämlich an die windgefegten Stellen mit geringer Luftfeuchtigkeit oberhalb der Höhengrenzen des Waldes. Zang erblickt mit Scheit[2]) in dem sogenannten Transfusionsgewebe der Gefäßbündel eine Vorrichtung, welche durch ihren steten Wassergehalt die Existenz der Nadel in anhaltend trockener Luft ermöglicht. Trotzdem darf natürlich eine gewisse Grenze nicht überschritten werden, und als Windbeschädigung gibt Zang[3]) ein Vergilben und Vertrocknen der Nadelspitzen an. Außer *Pinus uncinata* erwies sich z. B. an der Ostseeküste die amerikanische *Picea Canadensis* (*P. alba*) als besonders windfest. Pillichody[4]) berichtet über das verschiedene Verhalten von *Populus Canadensis* und von *P. nigra Italica*, der Pyramidenpappel, auf einer Allee (an der Rhone bei Saillens [Wallis]), die erstere zeigte regelmäßig eine übereinstimmende Neigung in der herrschenden Windrichtung talaufwärts, die letztere war gänzlich indifferent, sie stand steil aufrecht. An der Belgischen Küste wird bereits seit langem *Populus nigra* als Windschutz angepflanzt (!).

Für die Erklärung des Säbelwuchses und anderer durch Wind bedingten Baumformen sind die sehr interessanten Untersuchungsergebnisse von G. Kraus[5]) von Wichtigkeit. Schüttelt man nämlich einen frischen, wachsenden Sproß einer krautartigen oder holzigen Pflanze, so daß er sich schließlich bogenförmig mit überhängender Spitze krümmt, dann ist sofort die Konzentration des Zellsaftes auf der konkaven und konvexen Seite nicht mehr gleich; der Saft auf der konvexen Seite ist konzentrierter geworden. Die höhere Saftkonzentration der konvexen Seite ist mit einem wesentlich höheren Zuckergehalt verknüpft. Dieser Zucker ist eine Neubildung im Moment der Erschütterung. Die bemerkenswerte Eigentümlichkeit bezieht sich nun nicht bloß auf die Achsenorgane allein, sondern auch die halbwüchsigen und ausgewachsenen Blattstiele zeigen das gleiche Verhalten. Die Zuckerbildung ist übrigens nicht an die Krümmung gebunden, sondern von der Bewegung an sich abhängig, und mit der Zuckerbildung geht häufig ein Verschwinden der freien Säure Hand in Hand. Daß Erschütterungen die Transpirationsgröße vermehren, beobachtete Ferruzza[6]) an Palmen und Sukkulenten, nachdem schon früher Wiesner[7]) und Eberdt[8]) gezeigt hatten, daß der Wind eine Transpirationsbeschleuni-

[1]) Kirchner, Loew und Schroeter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, I, S. 207.

[2]) Scheit, Die Tracheïdensäume im Blattbündel der Koniferen. Jenaische Zeitschrift f. Naturw. XVI. [1883].

[3]) Zang, W., Die Anatomie der Kiefernadel usw. Dissertation. Gießen 1904.

[4]) Pillichody, A., Verschiedenes Verhalten gegen Windströmung. Schweiz. Ztschr. f. Forstw. LXXI (1920), S. 154f mit 1 Taf.; vgl. Ztschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 27.

[5]) Kraus, G., Über die Wasserverteilung in der Pflanze, II. Der Zellsaft und seine Inhalte. Abhandl. d. Naturf.-Ges. zu Halle, XV; vgl. Bot. Zeit. 1881, S. 389.

[6]) Ferruzza, G., Sulla traspirazione di alcune palmi etc. Contrib. Biol. veg. II, S. 213 bis 246 (1899); vgl. Bot. Jahresber. 1899, II, S. 124.

[7]) Wiesner, Jul., Grundversuche über den Einfluß der Luftbewegungen auf die Transpiration der Pflanzen. K. K. Akad. d. Wissensch., Wien, 1887, Bd. XCVI.

[8]) Eberdt, O., Transpiration der Pflanzen und ihre Abhängigkeit von äußeren Bedingungen. Marburg 1889, S. 82.

gung veranlaßt. Daß selbst sehr geringe Erschütterungen schon die Verdunstungsgröße steigern, wurde von Kohl[1]) und Baranetzky[2]) gefunden. Betreffs der weiteren Literatur sei auf Burgenstein verwiesen[3]).

Da man nun aus der örtlichen Verteilung des Zuckers in den Geweben schließen kann, daß er in dem Stoffwechselprozeß des Pflanzenleibes eine (wenn auch nicht unmittelbare) Vorstufe der Cellulosebildung ist, so wird man sich sagen müssen, daß mit der Erhöhung der Zuckerbildung im windbewegten Pflanzenteil die Cellulosebildung und Zellwandausbildung beschleunigt werden. Es ist verhältnismäßig selten, daß Pflanzenteile auf der Zuckerbildungsstufe in ihrer Entwicklung stehen bleiben; viel häufiger ist der Prozeß, namentlich am wachsenden Sproß, daß der Zucker in dem Maße verschwindet, als die Zellen dickwandiger werden. Wir werden also in der Deutung kaum fehlgehen, daß die Krümmungen durch den Wind schneller insofern fixiert werden, als die konvexe Seite der Krümmung leichter Zucker und Cellulose bildet und mit ihrem Wachstum schneller fertig wird als bei einem nicht vom Winde bewegten Achsenteil. Bedenken wir, daß für Licht- und Wärmewirkung sich die Biegungsstelle günstiger stellt, so ist das frühere Abschließen der Zellstreckungsperiode eigentlich selbstverständlich. Der Zweig erhärtet früher und wird nicht so lang; daher also der gedrungene Bau auf der Windseite und die schlanke bis peitschenförmige Zweigbildung der windgeschützten Seite.

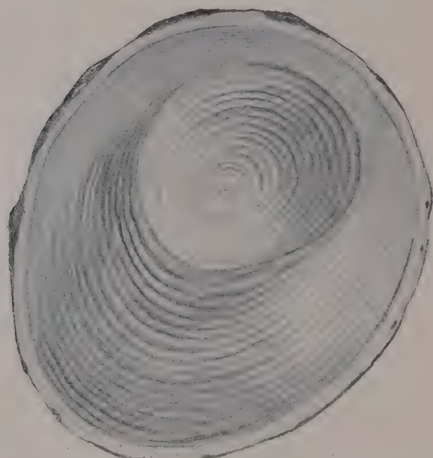


Abb. 138. Querschnitt durch einen Fichtenast, der das feste Rotholz im inneren Teile der Holzscheibe auf der Zweigoberseite, in den äußeren Jahresringen aber auf der Zweigunterseite zeigt. (Nach R. Hartig.)

R. Hartig[4]) hat Untersuchungen über den Wechsel von dickwandigem Rotholz zum helleren lockeren Zugholz innerhalb desselben Querschnittes eines Fichtenastes angestellt. Auf Abb. 138 zeigt sich das Rotholz in den ersten Jahresperioden auf der Oberseite des Astes besonders stark ausgebildet; die späteren Jahrgänge weisen dann einen plötzlichen Wechsel auf, indem nunmehr die Astunterseite dunkel durch die dichte Rotholzbildung erscheint. Wie verschieden die Elemente von „Rotholz“ und „Zugholz“ gebaut sind, ersehen wir aus den anatomischen Bildern (Abb. 139 und Abb. 140).

Über das Zustandekommen derartiger Verschiedenheiten erlangen wir von R. Hartig sehr beachtenswerte Mitteilungen. Er gibt an, daß z. B. bei Stämmen mit exzentrischem Wuchse die Jahresringbildung auf der beasteten Seite besonders stark entwickelt ist. Die Rotholzbildung erweist sich vielfach von der herrschenden Windrichtung abhängig, indem die

[1]) Kohl, F. G., Die Transpiration der Pflanzen. Braunschweig 1886.

[2]) Baranetzky, Über den Einfluß einiger Bedingungen auf die Transpiration der Pflanzen. Bot. Zeit. 1872.

[3]) Burgenstein, Transpiration der Pflanzen. 1904.

[4]) Hartig, R., Holzuntersuchungen. Berlin, Springer, 1901, S. 50.

vom Winde abgekehrte Seite in der Rotholzbildung begünstigt wird. Hier wird, wenn der Westwind beispielsweise dauernd eine Fichte faßt, die

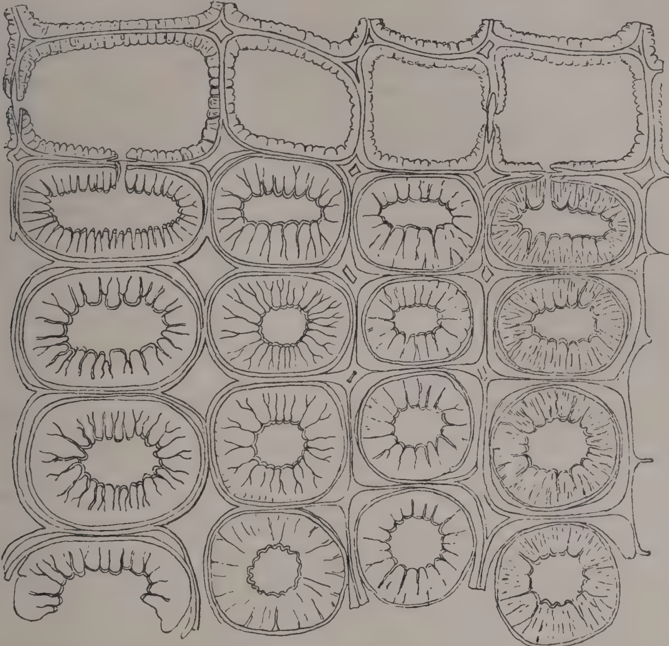


Abb. 139. Rotholz von der Unterseite eines Fichtenastes (Querschnitt). Die oberste Zellreihe gehört noch dem Frühjahrsholze an, die unteren vier Reihen sind Rotholz, das linksseitig große Interzellularräume besitzt. (Nach R. Hartig.)

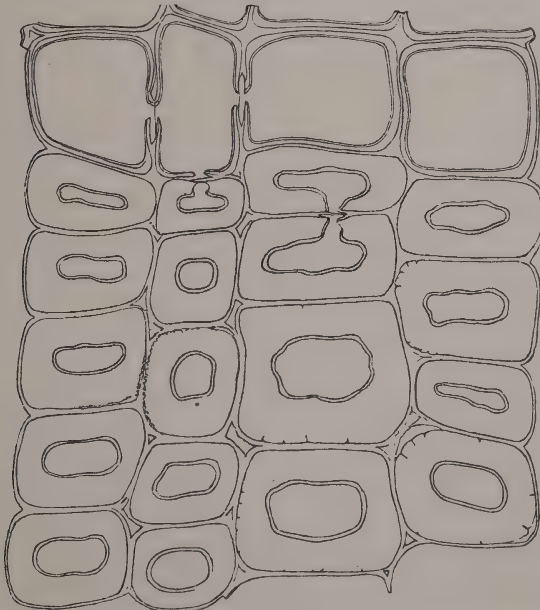


Abb. 140. Querschnitt durch Zugholz von der Oberseite eines Fichtenastes. (Nach R. Hartig.)

Westseite gezogen und die Ostseite, nach welcher hin der Baum gebogen wird, stärker gedrückt und zur stärkeren Rotholzbildung veranlaßt, während die bei der Biegung des Stammes gedehnte Windseite Zugholz produziert. Jeder Ast wird eine ebensolche Differenzierung aufweisen, denn durch das Gewicht der Benadlung wird der Ast nach unten gezogen; seine morphologische Oberseite steht also unter einem fortwährenden Zuge, der einen Reiz auf das Kambium ausübt, welches infolgedessen dünnwandigere, weniger verholzte, aber längere Tracheiden ausbildet, die das „Zugholz" darstellen. Schuhmann[1]) berichtet, daß sogenanntes rothartes Holz (in Holzhauerkreisen als „aichig" oder „echig" [aeschig] bezeichnet, was wohl soviel heißen soll als so hart wie Eiche) sich auf der den Stürmen ausgesetzten Seite bildet, es wirft sich gern und stark, stärker beim Nadelholz als beim Laubholz. Nach einem Verfasser „M."[1]) soll zwischen „aichig" und „ächig" der Unterschied sein, daß der zweite Ausdruck für Holz gebraucht wird, welches durch *Polyporus annosus* („*Trametes radiciperda*") rotfaul geworden ist, minderwertig ist und nur an trockenen Stellen verbraucht werden kann.

Abgesehen von der Windwirkung, wird die Holzausbildung eines jeden Astes durch seine Umgebung beeinflußt: die Beschattung durch andere Bäume, die Nähe von Felsen oder Mauern, die einseitige Wirkung größerer Feuchtigkeit, teilweise Entlaubung durch Tierfraß oder sonstige einseitige Änderungen in der Ernährung der Achse werden Ungleichheiten in der Quantität und Qualität des Jahresringes herbeiführen.

Die Frage, ob die Bäume ihre Zweige, die nach verschiedenen Himmelsgegenden gerichtet sind, auch verschieden ausbilden, hat Otto[2]) an Apfel-, Birn- und Kirschbäumen zu lösen versucht. Er fand bei der chemischen Analyse wesentliche Differenzen in der Zusammensetzung der verschieden orientierten einjährigen Zweige. Der Wasser- und Stickstoffgehalt ist am niedrigsten, der Trockensubstanzgehalt am höchsten auf der Ostseite; am höchsten ist der Wasser- und Stickstoffgehalt auf der Nordseite, was andeuten würde, daß dort die Zweige nicht so ausgereift wären wie auf den anderen Baumseiten.

Wir kommen nunmehr zu den Blattbeschädigungen, die durch Wind hervorgerufen werden. Daß dort, wo der Wind sich häufig zum Sturm steigert, Blätter zerfetzt werden oder teilweise vertrocknen und dürr an den Zweigen hängen bleiben, ist eine, namentlich in Küstengegenden so häufige Erscheinung, daß hier nicht darauf einzugehen ist. Ebensowenig brauchen die Verletzungen weiter berührt zu werden, die bei der Reibung der vorstehenden Blattkanten[3]) an sich eben entfaltenden Blättern entstehen. Auch jugendliche Zweige leiden durch Reibung. Hierher gehört ferner das Peitschen der Hopfenranken, wodurch die Hopfenkätzchen bisweilen notreif und rot werden[4]). Wichtiger und bisher wenig beachtet sind die dürren Blattränder. Man muß dabei, weil viele Ursachen

[1]) Schuhmann, Aeschiges Holz. Österr. Forst- u. Jagdzeitg. XXXVII (1920), S. 26, — M., „Aeschiges Holz", ebendort, S. 58. Vgl. Matouschek in Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 28.

[2]) Otto, Arbeiten der chemischen Versuchsstation zu Proskau. Vgl. Bot. Centralblatt 1900, Bd. 82, Nr. 10/11.

[3]) Caspary, Bot. Zeit. 1869, Sp. 201. — Magnus, P., Verh. d. Bot. Ver. f. d. Prov. Brandenburg. XVIII, S. IX.

[4]) Beobachtungen über die Kultur des Hopfens. 1880. Herausgeg. v. Deutsch. Hopfenbauverein.

Blattranddürre hervorzurufen vermögen, unterscheiden, ob der vertrocknete und verfärbte Rand nur eine zusammenhängende oder auch stellenweise unterbrochene Saumlinie bildet, oder ob noch von der abgestorbenen Randpartie dürre, verfärbte Stellen (häufig keilförmig zwischen den Hauptnerven) in die Blattfläche hinein sich fortsetzen.

Nur die trockene, sich bräunende oder schwärzende Saumlinie ist als reine Windbeschädigung aufzufassen, wie Hansen experimentell festgestellt hat[1]). Dieser Forscher hat sich einen eigenen Apparat zur Erzeugung von Wind konstruiert[2]), um die bei den im Freien auftretenden Windbeschädigungen mitwirkenden Nebenfaktoren (Licht und Wärmeüberschuß, Trockenheit) auszuschalten.

Aus den Versuchen ergab sich zunächst als Resultat, daß das Vorbeiströmen der Luft für die Austrocknungserscheinungen die günstigste Bedingung ist. Bloßer Stoß des Windes auf eine an fester Wand wachsende Pflanze ist häufig unschädlicher, unter Umständen sogar wirkungslos, weil die Wand den Windstrom sofort zurückwirft, und weil eben, wie oben ausgeführt wurde, die Saugung keine Rolle spielen kann.

Bei den mit dem Apparat durchgeführten Versuchen kam eine Tag und Nacht anhaltende Windstärke zwischen 1 und 2 der Beaufortschen Skala zur Anwendung. Die in Töpfen stehenden Tabakpflanzen zeigten an einzelnen Blättern bereits nach 24 Stunden leichte Bräunungen der Ränder, während der übrige Teil der Blattspreite völlig gesund blieb und keine Spur von Welken erkennen ließ. Durchschnittlich litten die ausgebildeten Blätter eher als die jüngsten. Stets begann die Vertrocknung der Gewebe in der Nähe der dünnsten Randnerven. Das Mesophyll kollabierte, wurde aber nicht lufthaltig, sondern sah vielmehr durchsichtig „wie injiziert" aus. Der Zellinhalt war deformiert; die Chlorophyllkörner waren nicht mehr deutlich zu erkennen. In manchen Zellen zeigte das Protoplasma schwach bräunliche Körnchen. Die Leitbündel erwiesen sich stark gebräunt. Die Grenze zwischen vertrocknetem und gesundem Gewebe war scharf und die Gefäßbündel unverfärbt. Hansen erklärt sich das Zustandekommen der Beschädigung in der Weise, „daß die dünnen Gefäßbündel durch den Luftstrom zuerst ihres Wassers beraubt und dadurch so verändert werden, daß sie das Wasser nicht mehr leiten. Dadurch vertrocknet an dieser Stelle das Mesophyll". Dies wäre also der sekundäre und das Absterben des Leitungsstranges der primäre Vorgang, während man bis jetzt wohl meist das Vertrocknen des Randparenchyms als direkte Wirkung aufgefaßt hat. Demgegenüber sagt Hansen: „Wollte man annehmen, der Wind griffe das Mesophyll direkt an, dann wäre nicht zu verstehen, warum der Vertrocknungsprozeß nicht auch mitten auf der Lamina beginnen sollte."

In derselben Anschauungsweise bewegt sich die Arbeit von Bruck[3]), welcher beobachtet hat, daß im allgemeinen nur diejenigen Blätter die Randbeschädigungen erleiden, „deren Sekundärnerven bis zum Rande verlaufen, sogenannte craspedodrome oder cheilodrome (randläufige) Blätter" (Abb. 141). Diejenigen Blätter von Gehölzen derselben Gegend,

[1]) Hansen, A., Experimentelle Untersuchungen über die Beschädigung der Blätter durch Wind. Flora oder Allgem. Bot. Zeit. XCIII (1904), Heft 1.

[2]) Ber. d. Deutschen Bot. Ges. XXII (1904), S. 371.

[3]) Bruck, W. F., Zur Frage der Windbeschädigungen an Blättern. Beihefte z. Bot. Centralbl. XX, Abt. 2, S. 67—75.

welche die Beschädigung nicht zeigten, hatten „mehr oder weniger camptodrome resp. brochiodrome Nervatur; sie verlaufen bogenläufig oder schlingläufig, ohne im Blattrande zu endigen". In letzterer Anordnung der Nervatur erblickt Bruck einen entschiedenen Schutz der Blätter vor Austrocknung durch Winde. Die Braunfärbung der Gefäßbündel ist der durch Frost hervorgerufenen sehr ähnlich.

Über die Schädigungen des Austrocknens durch Wind auf die Körnerproduktion der Gerste berichtet Tedin[1]).

Nicht zu vernachlässigen ist die durch den starken Wasserentzug durch den Wind hervorgerufene Verdunstungskälte, die jederzeit eine Herabdrückung der Temperatur in den verdunstenden Organen und damit eine Verlangsamung des Wachstums usw. veranlassen muß. Zu kritischen Zeiten kann die Verdunstungskälte typische Frostwirkungen hervorbringen; so beobachteten Kuckuck und Graebner an der „Kartoffelallee" auf Helgoland bei scharfem kalten Winde glasiges Kartoffelkraut mit geplatztem Gewebe.

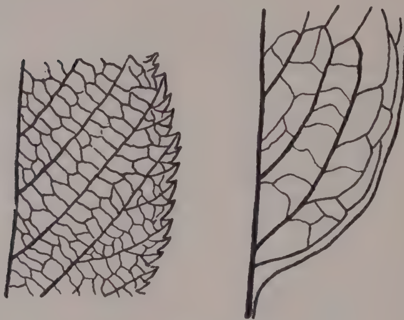


Abb. 141.
Craspedodrome Nervatur. Camptodrome Nervatur.
(Nach Bruck.)

Über eine merkwürdige Verwachsung von Blatträndern an *Syringa*, deren austreibende Knospen durch kalte Winde außen ausgetrocknet waren, berichtet Lingelsheim[2]). Durch die zusammengetrockneten äußeren Blätter waren die inneren fest eingeschlossen und zusammengedrängt.

Bei Gartenkulturen ist oft der Schutz gegen die rauhen Frühjahrswinde notwendiger als gegen Frost. Beispielsweise beobachtete man im April 1905, daß junge Rhabarberblätter, die den Frost vertragen, wenn sie unberührt langsam auftauen, sich stark beschädigt zeigten, soweit die gefrorenen Blätter vom Winde getroffen worden waren. Ebenso wurden junge Rosentriebe nur dort verletzt, wo der Wind sie hatte fassen können. Während in windstillen Lagen junge Gemüse und Blumenpflanzen tadellos standen, waren sie dort verdorben, wo der Wind freien Zutritt gehabt[3]). Außer der Steigerung der Verdunstungsgröße spricht hier sicherlich die gegenseitige mechanische Reibung der noch zarten Organe ausschlaggebend mit.

Das Belassen toter Pflanzenreste (Laub, Grasbüschel, vorjährige Blütenstiele u. dgl.) bis zum späten Frühjahr hin ist eine Anpassung, deren Wichtigkeit als Schutz gegen das Vertrocknen durch Frühjahrswinde oft nicht genügend gewürdigt wird. Man kann fast alljährlich die Erfahrung machen, daß Pflanzen gut durch schwere Winter gekommen sind und wintergrüne Gewächse (auch Nadelhölzer usw.) ihr Laub behalten haben. Wenn aber wenige Tage nach der Entfernung des Schnees windiges, helles

[1]) Tedin, H., Om kornets borsfälling stormdagarne d. 3 och 4 augusti och densammas inverkan på kärnafkastningen. Sverig. Utsädesf. Tidskr. XXVI (1916), S. 295ff.

[2]) Lingelsheim, A., Verwachsungserscheinungen der Blattränder bei Arten der Gattung Syringa. Beih. Bot. Centralbl. XXXIII, 1 (1912), S. 94ff.

[3]) Böttner, Joh., Rauhe Winde. Prakt. Ratgeber im Obst- u. Gartenbau, 1905, Nr. 8.

Wetter eintritt, vertrocknen die bis dahin noch saftig gewesenen Blätter. Möglicherweise tritt bei dieser schnellen Austrocknung der Gewebe eine ähnliche Veränderung der Eiweißstoffe im Protoplasma ein, wie sie Gorke (vgl. unten S. 517) als Frostwirkung nachgewiesen hat. Die Folge ist bei manchen Gewächsen eine vollständige Schüttekrankheit, die, wie schon S. 274ff. auseinandergesetzt wurde, dort unterbleibt, wo durch vorjährige Vegetationsreste ein Schutz geboten wird. Unsere gewöhnlichsten überwinternden Blütenstauden, Getreidesaaten, Gehölzsaaten usw., gehen manchmal erst im Frühjahr durch Vertrocknen zugrunde.

Wenn zu einer Zeit, in welcher der Boden noch gefroren ist, trockene Winde wehen, kann die gesteigerte Transpiration der Pflanzen in dem gefrorenen Boden keinen genügenden Ersatz finden, und die Blätter, namentlich der Bäume, vertrocknen. Es ist dies dieselbe Ursache, welche zur Erklärung der Kiefernschütte schon früher besprochen wurde. Auf der Hatch-Versuchsstation in Massachusetts litten die einheimischen Koniferen weniger, falls sie nicht etwa auf unzusagendem Boden standen, gegenüber den eingeführten Arten von *Picea*, *Abies*, *Juniperus*, *Taxus*, *Buxus* usw.

Nachdem man den Windbeschädigungen größere Aufmerksamkeit zuwendet, erheben sich auch Stimmen, welche eine Anzahl auffälliger, bisher nicht genügend aufgeklärter Erscheinungen als Windschaden bezeichnen. So führt beispielsweise Lüstner[1]) die sogenannte Mombacher Aprikosenkrankheit auf den Einfluß des Windes zurück. Die in Mombach bei Mainz endemische Krankheit äußert sich darin, daß die Blätter der Aprikosenbäume von der Spitze oder dem Rande her vertrocknen und abfallen. Bisweilen wird der allein vertrocknete Blattrand abgestoßen, und der Rest des Blattes bleibt am Baume. Bruck[2]) faßt die Krankheit als Folge von Sonnenbrand auf.

Als bedeutender Schädiger wirkt ferner der Wind durch Abwehen der Schneedecken. Saaten der verschiedensten Art erhalten sich in Furchen auf der dem Winde abgekehrten Seite, selbst bei minimaler Schneebedeckung, während sie auf der Windseite zugrunde gehen.

In drei praktisch wichtigen Arbeiten sagt Bernbeck[3]) zusammenfassend über die physiologische Bedeutung des Windes:

Eine zusammenfassende Betrachtung der physiologischen Bedeutung des Windes für die Pflanzenwelt ergibt eine Fülle von mittel- und unmittelbaren Angriffen, denen auch die im Substrate verborgenen Teile der Pflanze ausgesetzt sind.

Der Wasserhaushalt wird maßgebend beeinflußt durch Austrocknung des Bodens, durch Verminderung der Tauniederschläge bei leichtem Winde bereits, durch Hemmungen des Transpirationsstromes und durch Einwirkung auf die Transpiration.

Die Temperatur wird zumeist von Optimum nach unten hin entfernt.

Die assimilierenden Organe kommen in ungünstigere Lichtlage.

---

[1]) Lüstner, Beobachtungen über die sogen. Mombacher Aprikosenkrankheit. Ber. d. Kgl. Lehranstalt zu Geisenheim am Rhein. Berlin 1904, S. 222. Paul Parey.

[2]) Bruck a. a. O. S. 74.

[3]) Bernbeck, Osk., Wind und Pflanze. Tharandter Forstl. Jahrb. LXXI (1920), S. 130—193 — Die Wasserversorgung der Pflanzen im Winde. Naturw. Zeitschr f Forst- u. Landw. XVIII (1920), S. 122—141. — Das Wachstum im Winde. Forstwiss. Centralbl. 1920, S. 27—40, 59—100.

Die Veränderung und Austrocknung des Substrates vollzieht sich hauptsächlich in den obersten Schichten. Daher sind tiefwurzelnde Gewächse widerstandsfähiger. — Pflanzen und Pflanzenvereine, welche ihren Wurzelraum durch dichte Überschirmung vor Wind schützen, sind im Vorteil: Blattrosetten, niederliegendes, dem Boden angeschmiegtes Gebüsch, Polster, Rasen, Wald.

Bei den direkten Angriffen des Windes auf die Pflanze ist das mechanische Kräfteverhältnis entscheidend. Deshalb ist eine Trennung von Wind, Sturm und Orkan nach ihren Wirkungen auf die Pflanzenwelt nicht berechtigt. Ein frischer Wind von 5—8 m ps., welcher ausgewachsene und gefestigte Teile wenig beeinflußt, kann für weiche, in der großen Wachstumsperiode stehende Pflanzen die Bedeutung eines Sturmes haben. Zartgebauten Pflanzen des Waldinnern und feuchtwarmer Täler bringt starker Wind von 12—15 m ps. etwa dieselben Katastrophen, wie sie robustere durch Orkane von über 30 m ps. zu erleiden pflegen.

Die morphologischen Merkmale der Windpflanzen lassen sich auf Störungen des Wasserhaushaltes, der Temperatur und Ernährung sowie auf mechanische Zwangslage und Wunden im wesentlichen zurückführen. Durch Ausfall von Pflanzenteilen oder Zellkomplexen werden die übrigen korrelativ beeinflußt. Die Lebensvorgänge in der Pflanze sind in hohem Grade von der Erreichung der ihrer Art eigentümlichen Gestalt abhängig. Wie das Verkümmern einzelner Teile, z. B. der Pfahlwurzel durch Korrelation eine Mißbildung der ganzen Pflanze hervorbringen kann, so übt die Verzwergung oberirdischer Teile retardierenden Einfluß auf das Wurzelwachstum. — Jede Zwangslage durch Wind, welche widerstrebende Reizreaktionen auslöst, bedeutet einen Kräfteverlust, der zum Kleinbleiben beiträgt. Traumatotrope Reaktionen wirken an der Gestaltung der Windpflanze mit. — Zug und Druck schaffen durch physikalische Wirkung viele Deformationen. Wo aber eigentliche „Mechanomorphosen" vorzuliegen scheinen wie beim Druckholze, dort ist zu berücksichtigen, daß bei diesen Bildungen noch jene im vorigen Paragraphen besprochenen Vorgänge ursächlich beteiligt sein können.

Nach Brenner[1]) werden einseitig an der Rückenseite mit Krüppelschuppen versehenen Zapfen der Fichte durch die austrocknende Einwirkung von Sonne und Wind bedingt. Andere Krüppelzapfen können durch Nahrungsmangel entstehen.

Eine Reaktion des lebenden Inhaltes pflanzlicher Zellen auf mechanischen Außendruck ist aus den Untersuchungen Pfeffers[2]) zu entnehmen. und das Bestehen eines „Druckreizes" erscheint dadurch bewiesen. Im Pflanzenreiche ist die Fähigkeit zu einer Steigerung der osmotischen Energie in Reaktion auf mechanischen Außendruck vorhanden. Mechanischer Druck löst demnach die gleiche Reaktion aus wie umspülende wasserentziehende Salzlösungen[3]).

Zu den Funktionen lebender Zellen gehört eine immerwährende Regulation des Turgeszenzgrades. — Die unaufhörlich wechselnden Außendrucke im Winde müssen demnach die Lebenstätigkeit der Zellen alterieren. Die Empfindlichkeit lebender Zellen gegenüber ungewohnten mechanischen

---

[1]) Brenner, M., Jakkagelser med afseende a de abnorma grankottarnas uppkomst. Meddel. af Scc. Faun. Fl. Fenn. XLIV, S. 20—32 (1917/18).

[2]) Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen.

[3]) Vgl. Literaturnachweis bei Pfeffer a. a. O., S. 304.

Einwirkungen wurde durch Noll[1]) besonders hervorgehoben. Der leichte Druck eines Deckglases genügt häufig zur Abtötung der Zellen mikroskopischer Präparate und behutsame Berührungen zarter Blätter, Früchte und Stengel führen zu partiellen Absterben der Gewebe. Die weniger turgeszente Zelle erscheint gegen Druck empfindlicher als die prallgespannte[2]).

Aus dem Zusammenhalte der vorstehenden Betrachtungen ergibt sich die Schlußfolgerung, daß den austrocknenden Wirkungen des Wechsels der Berührungsluft in pflanzenphysiologischer Hinsicht eine weniger vielseitige Bedeutung zukommt als der Einflußnahme des Windes durch seine mechanischen Kräfte. Auf feuchten Substrat wurde ein Absterben von Pflanzen nach Ausschaltung der mechanischen Windkraft auch bei größter Windgeschwindigkeit nicht beobachtet.

Dritte Abteilung.

Wärme und Licht.

Sechstes Kapitel.

Wärmemangel.

A. Allgemeine Erscheinungen des Wärmemangels.

Lebensäußerungen bei niedrigen Temperaturen.

Als allbekannte Tatsache muß vorausgesetzt werden, daß jede Pflanzenart ihre bestimmten „zuträglichen Temperaturen“[3]) hat, d. h. ihr eigenes Minimum, bei dem die Lebensäußerungen beginnen; und ein Maximum, bei dem sie wieder aufhören; auch das dazwischen liegende Optimum, bei dem die Lebensäußerungen am intensivsten sind, ist jeder eigen. Am allerwichtigsten für die Beurteilung des Einflusses der Temperatur aber ist es, daß fast jede einzelne Funktion im Pflanzenkörper ihr eigenes Minimum, Optimum und Maximum besitzt. Treiben, Ergrünen, Blühen, Fruchten und viele andere Lebensäußerungen bis in die kleinsten hinein verlangen bestimmte und nicht selten voneinander abweichende Temperaturen.

Es ist keineswegs gleichgültig, welche Wärmegrade innerhalb der zuträglichen Temperaturen den Pflanzen dargeboten werden. Im allgemeinen wird eine Pflanze desto besser gedeihen, je näher während des ganzen Jahres die Temperaturen dem Optimum liegen; je weiter sie davon abweichen, und je länger die Perioden der Abweichung dauern, desto mehr wird die Pflanze geschwächt und geschädigt werden, desto weniger wird es ihr gelingen, den normalen Jahreskreislauf zu vollenden, also „auszureifen“; wobei es natürlich völlig gleichbedeutend ist, ob das „Ausreifen“ (vgl. unten) in der fertigen Ausbildung der Samen und Früchte besteht (wie besonders an Einjährigen) oder in der völligen Fertigstellung von

---

[1]) Experimentelle Untersuchungen 1907.
[2]) Ebendort.
[3]) Vgl. Warming-Graebner, Lehrbuch der Ökolog. Pflanzengeogr., 3. Aufl., S. 39.

Knollen, Zwiebeln, Zweigen usw. Ganz allgemein endigt der Jahreskreislauf bei allen Pflanzen der gemäßigten Klimate in einer möglichst vollkommenen Überführung des plastischen Materials in einen Zustand als Reservestoffe, zumeist in einen wasserunlöslichen Zustand, als Stärke, Fett usw. Je weiter ab ein Organ von diesem Zustand der Ruhe ist, desto empfindlicher muß es gegen Angriffe der Witterung, von Parasiten usw. sein[1]).

Arrhenius und Södersberg[2]) fanden bei Untersuchungen in Schwedisch Lappland, daß die Hochgebirgspflanzen einen relativ hohen osmotischen Druck haben, der einer höheren Konzentration des Zellsaftes entspricht und der Pflanze einen höheren Schutz gegen das Erfrieren bringt. Der höchste osmotische Druck fand sich mit 20,9 Atm. in Blättern von *Saxifraga aizoides*; nach Maximow bleibt in einem solchen Falle das Plasma noch bei — 22° am Leben.

Das Ausschlaggebende für das Verhalten der Pflanzen gegenüber den Temperaturen ist zweifellos die Tätigkeit des Protoplasmas. Je unempfindlicher dieses ist, desto mehr Kälte resp. Wärmeschwankungen erträgt die Pflanze ohne Schaden. Wenn z. B. *Cochlearia fenestrata* an der Nordküste Sibiriens ohne Schneedecke — 46° ohne jeden Schaden ertrug[3]), so muß sie sehr unempfindliches Protoplasma haben; auch die Waldbäume, die am Kältepol Sibiriens noch Wälder bilden, zeigen, daß nicht die Kälte, sondern andere Faktoren (trockene Winterwinde usw.) es sind, die ihnen an der Baumgrenze des Nordens und der Gebirge das Gedeihen unmöglich machen. Auf der anderen Seite stellen wir tropische Gewächse schon bei Temperaturen von mehreren Graden über 0 nicht nur ihr Wachstum ein, sondern sterben bei irgendwie längerer Andauer der Untertemperatur ab. Einige Zahlen mögen den Wachstumsbeginn illustrieren; man ersieht an *Potamogeton* und *Vallisneria*, daß mitunter sogar Pflanzen südlicher Standorte früher zu arbeiten beginnen als nördliche. Die Kohlensäurezersetzung zeigt sich bei *Potamogeton* erst zwischen 10—15° C, dagegen bei *Vallisneria* schon oberhalb 6° C, bei Blättern der Lärche bei 0,5—2,5° C und bei den Wiesengräsern bei 1,5—3,5° C. Die Bewegung der Blätter der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*) tritt erst ein, wenn die Temperatur der umgebenden Luft 15° C übersteigt usw.

Wie verschieden die Wärmeansprüche der einzelnen Pflanzen sind, zeigen am besten die Beobachtungen, welche über das Keimen der Samen in Eis gemacht worden sind. Uloth[4]) fand beispielsweise, daß Samen von Weizen und Ahorn (*Acer platanoides*) in Eis keimten und sich tief in das Eis eingruben, welches sie durch die bei der Keimung zunächst entwickelte Wärme auftauten. Die feinen Nebenwurzeln des Weizens hatten Eisstücke von $^1/_8$ m Dicke durchbohrt. Spätere Versuche[5]) zeigten demselben Beobachter, daß auch mehrere Kruziferen (*Lepidium ruderale* und *L. sativum*, *Sinapis alba* und *Brassica napus*), Hafer, Gerste, Roggen sowie andere Gräser in großen Prozentsätzen gekeimt waren. Bei Gerste

---

[1]) Vgl. u. a. auch Ewert, Die Überwinterung von Sommerkonidien pathogener Askomyzeten und die Widerstandsfähigkeit derselben gegen Kälte. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XX, (1910), S. 129—141.

[2]) Arrhenius, O., u. Södersberg, E., Der osmotische Drück der Hochgebirgspflanzen. Svensk Bot. Tidskr. XI (1917), S. 373—380; vgl. Ref. von Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXX (1920), S. 99.

[3]) Wittrock, Om snöns och isens flora. Nordensk. Stud. och Forskn. 1883.

[4]) Fühlings Neue landwirtsch. Z. 1871, S. 875. — [5]) Flora 1875, S. 266.

und Hafer waren die Keimprozente aber merklich geringer als bei Weizen und Roggen. Von Schmetterlingsblütlern waren im Eiskeller Erbsen zu 80%, Linsen zu 12% gekeimt. Von Petersilie zeigten 60% der ausgesäten Körner eine Keimung. Angeregt durch diese Beobachtungen, unternahm später Haberlandt[1]) weitere Versuche mit Aussaat der gebräuchlichsten landwirtschaftlichen Sämereien in Kästen, welche durch Eis konstant bei einer Temperatur von 0°—1° C gehalten wurden. Nach $1^1/_2$ Monaten zeigten Roggen, Hanf, Leindotter, Rotklee, Luzerne, Wicke, Erbsen und Bastardklee einen Anfang der Keimung; eine weitere Entwicklung der Würzelchen aber ließ sich nach vier Monaten nur bei Senf, Leindotter, Bastardklee, Rotklee und Luzerne konstatieren, während Weizen, Gerste, Hafer, Raygras, Buchweizen, Runkelrübe, Raps, Mohn, Weißklee, Bohne u. a. gar nicht zum Keimen gelangt waren. Am günstigsten von allen Pflanzen hatte sich auffallenderweise die Luzerne gezeigt.

Diese Resultate stehen betreffs der Getreidearten in sehr auffallendem Widerspruch mit den Ulothschen Ergebnissen und ebenso mit den Resultaten von Versuchen, welche Hellriegel[2]) veröffentlicht hat. Hier zeigte der Winterroggen sich entschieden als die anspruchsloseste der geprüften Pflanzen betreffs des Wärmebedürfnisses. Er entwickelte bei einer fast konstanten Temperatur von 0° (nur wenige kurze Überschreitungen bis + 1° C kamen innerhalb der sechswöchigen Versuchsdauer vor) Blatt- und Wurzelapparat ganz normal. Schon etwas wärmebedürftiger erwiesen sich durch die geringere Größe der Keimpflanzen der Winterweizen und, übereinstimmend mit Uloth, in noch höherem Maße die Gerste und der Hafer, welche bei 0° nur die Würzelchen zu einiger Entwicklung brachten, den Blattkegel aber nicht aus dem Korne hervorzutreiben vermochten. Bei + 2° C dagegen war die Streckung schon eine recht vollkommene. Mais regte sich bei + 5° C noch nicht und keimte selbst bei + 8,7° C sehr träge und unvollkommen. Bei 0° waren noch gekeimt und zu nennenswerter Entwicklung des Blattkeims gelangt die Wicke und der Rübsen, während Erbsen in größerer, Lupinen und Bohnen in geringerer Anzahl zwar den Wurzelkörper gestreckt, aber den oberirdischen Achsenteil nicht entwickelt hatten. Von den bei + 2° C gekeimten Samen war der Lein empfindlicher als der Rübsen, der bei nahezu 0° noch keimte, aber in der Entwicklung stehen blieb und erst bei merklich höherer Temperatur (8,7° C) erwähnenswertes Wachstum zeigte. Den Wicken am nächsten stehend erwiesen sich Erbsen und Klee, welche bei einer Durchschnittswärme von + 2° C den Wurzel- und Blatteil hervortrieben, während Bohnen und Lupinen dazu mindestens + 3° C brauchten. Der Spörgel entwickelte sich bei + 2° C auch langsam weiter. Für die Mohrrübe scheinen zur Keimung ungefähr + 3° C und für die Runkelrübe sogar etwa + 5° C nötig zu sein. Es wird natürlich die Länge der Keimdauer in dem Grade zunehmen, als die Temperatur von dem Keimungsoptimum entfernt ist.

Daß nicht bloß die ersten Stadien der Keimung bei so niederen Temperaturen normal verlaufen, sondern auch ein weiteres Längenwachstum ermöglicht ist, zeigen die Versuche von Kirchner[3]), der Senf, Roggen,

[1]) Wissenschaftl. praktische Untersuchungen auf d. Gebiete d. Pflanzenbaues. Wien I (1875), S. 109ff., 117.

[2]) Beiträge zu den naturwissenschaftl. Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg 1883, S. 284—304.

[3]) 54. Vers. deutscher Naturforscher u. Ärzte zu Salzburg, S. 75 d. Berichtes.

Weizen, Erbsen und Hanf als Keimpflanzen längere Zeit bei Temperaturen, die wenig über 0° lagen, vegetieren sah. Zwar weisen auch Pflanzen mit einem höheren Wärmebedürfnis bei Überführung in niedere Temperatur noch Längenwachstum auf, aber dasselbe ist nur als das allmähliche Auspendeln der unter den früheren günstigen Verhältnissen erhaltenen Wachstumsenergie zu deuten.

Bei Alpenpflanzen ist von Kerner[1]) beobachtet worden, daß solche bei 0° auch blühen können. Das von den Schneefeldern in den Boden einsickernde Schmelzwasser vermag bereits die Lebenstätigkeit solcher Pflanzen derart anzuregen, daß ihre bei der Atmung erzeugte Wärme und die durch das eindringende Sonnenlicht an der Pflanze und am Boden erzeugte Wärme die oft 2—3 cm dicke Eiskruste zu schmelzen imstande ist, so daß die grünen Organe ins Freie gelangen (*Soldanella*).

Als Ursache der Abkühlung der Blätter ist außer der herrschenden Lufttemperatur auch die Verdunstung zu betrachten, welche auf Kosten der Wärme des Pflanzenteils vor sich geht, und diese erklärt die Erscheinung, daß in hellen Nächten das Thermometer unmittelbar zwischen dicht stehenden Pflanzen mit dünnen Blättern, wie im Rasen einer Wiese, öfter eine um mehrere Grade geringere Temperatur anzeigt als in der Luftschicht über denselben. Ist die Luftwärme selbst nahe dem Gefrierpunkt des Wassers, so können, wie schon oben S. 500 bei der Wirkung des Windes angedeutet wurde, durch Strahlung die Pflanzenteile selbst schon unter 0° erkältet sein und infolgedessen zugrunde gehen oder wenigstens einzelne ihrer Funktionen ganz oder zeitweilig einstellen.

Es ist, wie bemerkt, eine der allerwichtigsten Tatsachen für die Beurteilung der Temperatureinwirkungen auf die Pflanzen, namentlich solche wärmerer, aber auch kalter Klimate, daß fast jede Funktion im Pflanzenkörper ein anderes Optimum, Minimum und Maximum hat. Bei den einzelnen Krankheitserscheinungen wird, soweit diese Dinge bekannt sind, darauf hingewiesen werden. Wie bei den übrigen Wachstumsfaktoren, sind auch die einzelnen Arten gegen die Temperaturverschiedenheiten oder -änderungen verschieden plastisch, verschieden anpassungsfähig und daher verschieden empfindlich. Daß viele Pflanzen z. B. für das Öffnen ihrer Blüten besonders hohe Temperaturen beanspruchen, ist jedem Gärtner bekannt, und auch bei der Öffnung der Blüten wild wachsender Pflanzen spielt erfahrungsgemäß neben der nötigen Trockenheit der Luft die Temperatur eine entscheidende Rolle. Die den Öffnungsmechanismus auslösenden Zellgruppen verharren in der Kälte in ihrem Knospenzustande und verlieren nach längerer Dauer die Fähigkeit zur Dehnung bzw. zum Wachstum.

Ausreifen des Holzes.

Allgemein bekannt ist, daß nach einem hellen und warmen Sommer die frostempfindlichen Holzgewächse einen strengen Winter besser überstehen als nach nasser und kühler Sommerwitterung. Unter sonst gleichen Angriffsverhältnissen für den Frost erliegen Bäume schattiger Standorte schneller als von sonnigen Lagen. Man sagt, daß das Holz weniger ausgereift sei, und versteht darunter meist, daß die Zweige in dem einen Jahre einen größeren Wassergehalt als in einem anderen besitzen. Dieser Um-

---

[1]) Berichte d. naturwissenschaftl.-mediz. Vereins zu Innsbruck, Sitzung vom 15. Mai 1873, vgl. Bot. Z. 1873, S. 438.

stand charakterisiert aber nicht die Holzreife, da die Hoffmannschen Untersuchungen[1]) ergeben haben, daß der Gehalt an mechanisch gebundenem Wasser, das bei dem Zustande der Lufttrockenheit entweicht, keinen Maßstab für die Frostempfindlichkeit abgibt. Es ist die ganze stoffliche[2]) und gestaltliche[3]) Zusammensetzung, die sich je nach den Witterungs- und Ernährungsverhältnissen innerhalb der Vegetationsperiode des Zweiges ändert und dessen Widerstandsfähigkeit bedingt. Jeder Zweig hat seinen besonderen Charakter, seinen besonderen Aufbau, und von der Witterung hängt es ab, wie die Nährstoffe verarbeitet werden. Deshalb gehen an demselben Baume in demselben Jahre die einzelnen Zweige als verschiedene Individuen dem Winter entgegen und erliegen deshalb auch in ganz verschiedenem Maße[4]).

Es ist mehrfach betont, daß der Wassergehalt des Zellenleibes, also auch die Konzentration der Zellsäfte viel zur größeren oder geringeren Frostempfindlichkeit beitragen, aber dieser Umstand wird durch die viel größere, wechselnde Wassermenge verdeckt, mit der das Gewebe eines Baumes sich je nach der Zufuhr aus dem Boden vorübergehend vollsaugt und sie durch Verdunstung wieder abgibt.

H. Hoffmann fand bei Pfirsich, Aprikose, Wein, Mandel, Stechpalme und anderen, denen er vom Jahre 1874—1881 alljährlich am 18. Oktober möglichst gleichartige Zweige entnahm und alljährlich lufttrocken wog, daß die Gewichte der lufttrockenen Zweige weder in Beziehung auf ihr Frischgewicht noch auf ihr Frischvolumen eine Übereinstimmung ergaben. Dies gilt nicht nur für Zweige verschiedener Arten, nicht nur für verschiedene Exemplare derselben Art, sondern, wie Sorauer fand, auch für verschieden orientierte Zweige desselben Exemplars. Höfker[5]) beobachtete, daß im strengen Winter 1916/17 manche sonst widerstandsfähige Arten eingingen, andere sonst empfindliche aber erhalten blieben.

Es kann sogar ein Zweig an Wasser zunehmen, während gleichzeitig der andere abnimmt. Der Wassergehalt schwankt von Woche zu Woche und wahrscheinlich auch von Tag zu Tag[6]).

Spamer, der das Hoffmannsche Material genauer untersuchte, fand, daß die Aschen-, Wasserstoff- und Kohlenstoffbestimmungen der Zweige eine bestimmte Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge und Temperatursumme eines jeden Jahres erkennen ließen. Es handelt sich dabei um Wärme und Niederschläge während der Hauptverholzungsperiode von Juli bis Oktober. Die Niederschläge scheinen von größerem Einfluß als die Temperatur zu sein; jedoch verhalten sich verschiedene Pflanzen verschieden, indem bei manchen die Temperatur ausschlaggebend erscheint. In manchen Perioden übt nur einer der Faktoren einen ersichtlichen Einfluß, wie sich z. B. bei Wein in den Jahren 1876—78 feststellen ließ; in diesen Jahren war die Regenmenge ausschlaggebend.

[1]) Hoffmann, Ein negatives Resultat. 1882.
[2]) Spamer, Untersuchungen über Holzreife. Allgemeine Forst- u. Jagdztg. 1882, X.
[3]) Sorauer, Beitrag zur Kenntnis der Zweige unserer Obstbäume. Forschungen auf dem Gebiete d. Agrik.-Physik von Wollny, III, Heft 2.
[4]) Über die Einwirkung der Bodenbehandlung, die Folgen „treibender" Dünger vgl. auch Umhauer, Der Einfluß des Frühfrostes 1919 auf unsere Obstbäume. Zeitschr. f. Obst-, Wein- u. Gartenbau XLVI (1920), S. 146f.
[5]) Höfker, H., Über den Einfluß der Winterwitterung auf die Gehölze, mit besonderer Berücksichtigung des strengen Frostes im Winter 1916/17. Mitt. Dt. Dendr. Ges. XXVIII (1919), S. 196—207. — [6]) Vgl. Ebermayers physiol. Chemie d. Pflanzen, I, S. 19, 25 (1882).

Wocke[1]) tritt nach Beobachtungen in Oliva mit Recht dafür ein, daß die größere oder geringere Frostempfindlichkeit vielfach von der Ernährung abhängt. Gut ernährte Bäume auf gutem Boden erlitten oft nicht den geringsten Schaden, dürftig ernährte Pflanzen der gleichen Art starben ganz oder teilweise ab, eine Beobachtung, die wir häufig bestätigen konnten.

Die stoffliche Verschiedenheit äußert sich darin, daß die Kurve der Kohlenstoffmenge einen entgegengesetzten Verlauf zu der der Niederschläge in den einzelnen Jahrgängen zeigt. Parallel mit dem Kohlenstoffgehalt geht die Aschenmenge, und ihr Mehrgehalt steigert den Reifegrad des Holzes. So fällt nach den Untersuchungsergebnissen also das reifere Holz mit den trockenen Jahrgängen zusammen und charakterisiert sich durch reicheren Gehalt an Kohlenstoff und Asche. Daß organische Substanz und Asche bei gleicher Ernährung miteinander parallel gehen, ist auch aus Untersuchungen von Will, Ebermayer und Schroeder zu ersehen. Der Wasserstoffgehalt des Holzes nimmt im allgemeinen ab, wenn der Kohlenstoffgehalt zunimmt.

Diese Untersuchungen beziehen sich auf gleichartige Holztriebe. Nun aber ist der Charakter der einzelnen Sprosse eines Baumes sehr verschieden, je nachdem es ein Holzzweig oder Fruchtzweig und je nachdem es bei unseren Obstbäumen ein Wildstamm oder eine hochwertige Kultursorte ist. Sorauer fand durch direkte Messung unter dem Mikroskop, daß bei den Kulturvarietäten der Holzring einen kleineren Teil des Dickendurchmessers eines Zweiges bildet als bei den Wildlingen. Während bei den einjährigen Holzzweigen unserer Obstbäume sich das Verhältnis der Dicke des Holzringes zum Markkörper etwa ebenso stellt wie das des Rindenkörpers, wird bei den Fruchttrieben die Rinde etwa doppelt so dick.

Über die Verschiedenartigkeit in der Beteiligung der einzelnen Gewebeformen am Aufbau des einzelnen Internodiums werden wir später noch zu sprechen haben. Das Vorstehende genügt, zu zeigen, wie ungleichartig aufgebaut die einjährigen Zweige sind, mit denen ein Baum alljährlich der Winterkälte entgegentritt.

Im allgemeinen wird die „Reife“ eines vegetativen Körpers, Zweiges, einer Knolle, Knospe usw., wie schon oben S. 503 bemerkt ist, dann erreicht sein, wenn dieser seine Reservestoffe sowie überhaupt das mobile plastische Material zu einem möglichst hohen Prozentsatz in wasserunlöslicher Form, als Stärke, Öl usw., besitzt und sich damit in einem Zustande größtmöglicher Ruhe befindet.

Als äußeres Merkmal der nicht ausgereiften und der ausgereiften Rebe gibt Bernatsky[2]) den Zustand der sekundären Rinde an; ist diese in allen ihren Teilen ausgebildet, dann kann das Reis oder der Zweig als völlig ausgereift betrachtet werden.

Unterkühlung (Erkältung).

Bei den durch Wärmemangel hervorgerufenen Erkrankungserscheinungen sind die durch Unterkühlung hervorgerufenen bisher meist nicht streng von den durch Abtötung des Protoplasmas infolge von Kälte hervor-

[1]) Wocke, E., Beobachtungen und Gedanken über Frostschäden in Westpreußen im Winter 1916/17. Mitt. Dt. Dendr. Ges. XXVIII (1919), S. 207—212.

[2]) Bernatsky, J., Die Kriterien der reifen und unreifen Rebe. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XVI (1916), S. 37—44, mit 4 Abb.

gerufenen geschieden worden, und doch sind beide sehr wesensverschieden, wenn auch nur graduell verschieden. Bei den ersteren tritt durch die mangelnde Wärme eine Stockung, eine Starre des Protoplasmas ein, die je nach der Empfindlichkeit desselben (vgl. S. 504) und je nach der Länge der Dauer der Starre sich als vorübergehende Störung oder bleibende Schädigung bemerkbar macht.

Die Unterkühlung wird sich am stärksten bemerkbar machen, wenn die Herabdrückung der Temperatur unter das der Pflanze zuträgliche Minimum plötzlich geschieht. Bei den Topfkulturen in den Gewächshäusern kommen Fälle vor, daß Pflanzen durch den Transport aus einem Glashause in ein anderes leiden, falls sie dabei eine kurze Zeit, bisweilen nur wenige Minuten, einer kalten Temperatur ausgesetzt worden sind. Die praktischen Gärtner behaupten, daß „die Pflanzen sich erkältet haben".

In neuerer Zeit ist Moebius[1]) dieser Angabe näher getreten und hat durch Versuche obige Behauptung bestätigen können. Er nahm z. B. eine *Begonia metallica* aus dem Warmhause, trug die Pflanze 1 bis 2 Minuten im Freien bei einer Temperatur von — 5° C umher und stellte sie dann wieder an ihren früheren Ort. Noch an demselben Tage bemerkte er auf einigen älteren Blättern neuentstandene braune Flecke; später bekamen diese Blätter „ein glasiges dunkles Aussehen, hingen herab und vertrockneten". Junge Blätter litten nicht. Derartige Verfärbungs- und Welkeerscheinungen wurden bei anderen ähnlichen Versuchen beobachtet und sind auch im wesentlichen die Merkmale, welche von den Praktikern als Folgen der Erkältung angegeben worden sind. Daß es sich hier nicht um eine Eisbildung in den Geweben handeln kann, hebt Moebius bereits hervor. Sorauer brachte einen Topf mit *Begonia argyrostigma* aus dem Warmhause ins Freie bei einer Temperatur von 0,5° C über Null. Binnen kurzer Zeit sah er auf einigen Blättern glasige Flecke auftreten.

Die Zusammenziehung des Primordialschlauches in den Zellen infolge der starken Abkühlung hat stellenweise ein Herauspressen von Wasser in die Interzellularräume veranlaßt.

Auf ähnliche Stockungen des Protoplasmas sind sicher auch allerlei Störungen zurückzuführen, die sich bei zu starker Abnahme der Temperatur infolge mangelhafter Heizung der Gewächshäuser zeigen; namentlich in den letzten Jahren sind leider durch den Kohlenmangel vielfach derartige Störungen eingetreten. Herr Oberinspektor C. Peters hat eine ganze Reihe solcher Beobachtungen gemacht und uns freundlichst mitgeteilt. Beispiele für chronische Schäden bieten vielfach zarte Pflanzen der Tropen, die in unseren Glashäusern nicht dauernd die Wärme für alle ihre Entwicklungsphasen finden. Bekannt sind die Mißerfolge bei der Kultur der indischen *Anoectochilus*-Arten und anderer zartlaubiger Orchideen, Begoniazeen, Gesneriazeen, Marantazeen usw., deren Blätter braunfleckig werden, sich krümmen und absterben, wenn sie längere Zeit einer Temperatur von + 3—5° C ausgesetzt waren[2]). Als besonders empfindlich gelten einige Melastomataceen, namentlich *Centradenia*, dann auch *Bertolonia* und manche *Sonerila*-Arten. Auch manche Stengelbegonien vertragen

[1]) Moebius, M., Die Erkältung der Pflanzen. Ber. d. D. Bot. Ges. XXV (1907), H. 2, S. 67.

[2]) Vgl. auch: Molisch, Hans, Das Erfrieren der Pflanzen bei Temperaturen über dem Eispunkte. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse, Bd. CV, Abt. 1; vgl. Z. f. Pflanzenkrankh. 1897, S. 23.

kühle Temperatur sehr schlecht. Eine Anzahl von wärmeliebenden Sträuchern und Bäumen klappen bei Untertemperatur ihre Blätter abwärts, wie wir es im Freien bei *Rhododendron* usw. (vgl. unten) bei Frostwetter kennen, so die bei den Gärtnern „Croton" genannten *Codiaeum*. Alle diese genannten reagieren auf die Untätigmachung der Blätter durch baldigen Blattabwurf. Bunte Cordylinen werden fleckig, von Palmen leiden besonders stark *Elaeis Guineensis* und *Calamus*-Arten. Sehr auffällig ist der bleiche Schein, den die Blätter vieler Warmhauspflanzen bei sinkender Temperatur bekommen, und der bei längerer Dauer der ungünstigen Verhältnisse in Gelb übergeht, also eine Chlorophyllzersetzung darstellt.

Ein allgemeiner Blattabwurf braucht aber keineswegs immer eine Folge eintretender Kälte zu sein, viele Pflanzen reagieren damit auf alle möglichen plötzlichen Wechsel, an die sich die älteren Blätter nicht so schnell anpassen können (auf den Blattabwurf durch Bodenverschlechterung, Trockenheit usw. wurde bereits S. 141 und S. 248 hingewiesen). Sorauer beschreibt dazu noch einige Fälle: *Begonia fuchsioides*, die den Winter über im sehr warmen Zimmer getrieben hatte, kam Ende März in eine ungeheizte, aber sonnigere Stube und warf binnen wenigen Tagen sämtliche Blätter mit Ausnahme der jüngsten ab. *Libonia floribunda*, die bisher sehr kalt gestanden, kam zum Treiben im Dezember ins Warmhaus, die Exemplare warfen alle älteren Blätter, während bei den im Kalthause verbliebenen Pflanzen keine Entblätterung eintrat. Von einer gefüllten, weißen Fuchsie waren einzelne Exemplare im Herbst ins Zimmer genommen worden, um frühzeitig Triebe für Stecklinge zu erzielen; andere Exemplare derselben Varietät verblieben im Keller und trieben bis Anfang März. Zu dieser Zeit wurden die Spitzen sämtlicher Pflanzen als Stecklinge in einen Kasten mit 25° Bodenwärme gebracht. Nach wenigen Tagen waren die aus dem Keller stammenden Stecklinge bis auf die Spitzen entlaubt, während die anderen noch nicht einmal das Blatt an der Schnittfläche abgestoßen hatten. Die Spitzen eines wenige Tage später von einer Kellerpflanze abgebrochenen Astes wurden ohne besondere Rücksicht im Keller in Sand gesteckt und zeigten sich im Mai bewurzelt, während die von den Kellerpflanzen kommenden Zweigspitzen im warmen Kasten zugrunde gegangen waren.

Es bedarf aber bei sehr wärmeliebenden Arten gar keiner Abkühlung auf oder unter Null Grad, um das Protoplasma lahmzulegen. In nassen kalten Jahren erkranken auch Freilandkulturen von Melonen, Gurken, Tabak und Bohnen bei anhaltendem Wärmemangel. Am bekanntesten ist wohl die Erscheinung, daß starkwüchsige tropische Gewächse im Freien nach einer kalten Nacht mit kritischer Temperatur von wenig über 0° im Wachstum stocken. Besonders auffallend ist dies bei Kürbis, der morgens ein dunkelgrünes, fast glasiges Aussehen der exponierteren Blätter zeigt; auch hier ist das Zellwasser durch den Primordialschlauch zum Teil in die Interzellularen entlassen worden. Bei langsamer Erwärmung verschwindet diese Färbung wieder, und die Pflanze erscheint normal, stockt aber vorläufig in ihrem Wachstum, um je nach der folgenden Temperatur nach einigen Tagen oder gar erst nach einigen Wochen ihr Wachstum wieder aufzunehmen. Die bereits halb entfalteten und die unentwickelten Blätter wachsen dabei aber nur noch wenig oder gar nicht weiter[1]), sondern nehmen

[1]) Es möge dies ein Beispiel der von Küster, Pathologische Pflanzenanatomie (S. 21). nach dem medizinischen Begriff Hypoplasie (Hemmungsbildung) genannten und ausführlich abgehandelten Erscheinungen sein. Vgl. auch Göbel, Organographie, S. 121.

nur die Tracht alter entwickelter Blätter, öfter unter Verkrümmung, an. Die neu aus der Spitzenknospe entstehenden Blätter aber werden groß und kräftig, ja häufig erreichen sie eine Größe, die alle vorhergehenden und auch die ihnen folgenden übertrifft.

Die ganze Erscheinung ist nur so zu erklären, daß durch die Kälteeinwirkung das Protoplasma zwar nicht getötet wurde, ebensowenig das Chlorophyll, daß es aber (bzw. die von ihm gefüllten Zellen) die Wachstumsfähigkeit verloren hat, daß die Teilungsfähigkeit des Zellkerns der noch meristematischen Zellen verlorengegangen ist oder doch wenigstens erheblich eingeschränkt wurde (vgl. die Wirkungen unzeitiger Trockenheit, S. 259ff.). Nach Wiederherstellung normaler Vegetationsverhältnisse wird den Blättern der Knospe wieder plastisches Material aus den Assimilaten der alten Blätter zugeführt, und zwar besonders reichlich entweder deshalb, weil während der Stockungszeit Assimilate aufgesammelt wurden, oder weil die ursprünglich für das Heranwachsen der krankhaft klein bleibenden Blätter vorhandene Menge plastischen Materials den neuangelegten mit zugeführt wird.

Ganz ähnliche Erscheinungen sieht man z. B. auch bei den sogenannten ,,Frostformen“ der Farne. Bei diesen sind nicht immer die Fiederchen, die bei Eintritt der Kälte nicht mehr in der Einrollung geschützt waren, abgetötet, sondern sie bleiben in der bereits erreichten Größe stehen. Die nächsten dann folgenden werden aber öfter doppelt so groß wie die normalen[1]).

Jedem praktischen Gärtner ist bekannt, daß viele Pflanzenarten, namentlich tropische Gewächse, an ihren Wurzeln noch viel empfindlicher sind gegen Unterkältung als an ihren oberirdischen Teilen. Die Untätigkeit der Wurzeln oder auch deren langsame Arbeit muß sich naturgemäß viel energischer bemerkbar machen als die der Blätter, weil ja sehr bald Wassermangel in Zweigen und Blättern auftreten muß. Die Gärtner legen deshalb mit Recht besonderes Gewicht auf die Warmhaltung des Wurzelkörpers.

Wir wissen aus einer Anzahl von Fällen, welche schon Sachs[2]) anführt, daß die verschiedenen Pflanzen eine bestimmte Temperatur für ihre Wurzeln brauchen, damit dieselben arbeiten, also auch Wasser aufnehmen können. Tabak und Kürbis welken in einem Boden von 3—5° C; wurde derselbe Boden auf 12—18° C erwärmt, war die Wurzeltätigkeit wiederhergestellt. Bei Sinken der Temperatur unter die Grenze, bis zu der die Wurzeln noch fähig sind, zu arbeiten, kann Welken der Blätter eintreten, namentlich, wenn an hellen Tagen in den Gewächshäusern die Temperatur der Luft und der Blätter steigt, ohne daß die im Schatten liegenden Töpfe oder die großen Kübel schnell genug mit erwärmt werden. Sind dann die Töpfe noch naß, so sind die Erkrankungsfälle auch nach den Beobachtungen von Oberinspektor C. Peters besonders schwer.

Nach gewissen Beobachtungen stellen auch die fleischigen wachsenden Wurzelspitzen bei andauernder Unterkühlung nicht nur ihr Wachstum ein, sondern verlieren auch ihre Wachstumsfähigkeit, so daß erst neue Spitzen gebildet werden müssen. Exakte Messungen liegen anscheinend noch nicht vor.

Eine Anzahl von Vegetationsstörungen des Weinstockes werden von neueren Forschern auf Erkältung der Wurzeln zurückgeführt, wenigstens

---

[1]) Vgl. z. B. die Abbildung bei Luerssen, Beitr. z. Fl. Ost- u. Westpr. Bibl. Botanica XXVIII (1894); vgl. auch Schriften Phys.-ök. Ges. Königsberg XXXI (1891).

[2]) Sachs, Lehrbuch der Botanik. 1. Aufl., S. 559.

in ihren Grundursachen, so z. B. von Pantanelli[1]) die sogenannte noch recht strittige und wohl kaum einheitliche Roncetkrankheit oder das Krautern, die Erzeugung zahlreicher schwächlicher Triebe usw., statt der kräftigen Fruchtzweige (vgl. indessen die Gabler, S. 398). Auch Petri[2]), der die Krankheit ausführlich anatomisch behandelt, sucht die Herabdrückung der Temperatur als Ursache nachzuweisen. Die gleiche Ursache, wohl zu späterer Zeit wirksam, wird von Kroemer[3]) angenommen für die sogenannte Apoplexie der amerikanischen Reben und ihrer Kreuzungen. Nach Eintritt warmen Sonnenscheins nach kühler feuchter Zeit verliert das Laub sehr viel Nässe durch Verdunstung, die die Wurzeln nicht entfernt zu ersetzen vermögen. Von unten nach oben fortschreitend, vertrocknen alle Blätter und werden braun, schließlich stirbt auch das Holz ab. Im nächsten Jahre sind die überlebenden Pflanzen schwach.

Je weiter von ihrer Heimat entfernt die Pflanzen wärmerer Länder in kühleren Gebieten kultiviert werden, desto häufiger müssen sich bei ihnen die Erscheinungen der Unterkühlung bemerkbar machen. Direkte Frostwirkungen sind leicht sichtbar, die der Unterkühlung werden aber meist übersehen, da ja die Pflanze äußerlich gewöhnlich gleich hinterher keine oder nur dem scharfen Beobachter auffallende Veränderungen zeigt. Bei genauem Studium der Wirkungen von Untertemperatur auf den Organismus wird sich sicher herausstellen, daß die Zahl der dadurch erregten Krankheiten sehr viel größer ist, als man bisher annahm.

Wir müssen uns klar machen, daß ja die größte Mehrzahl aller unserer Nutzpflanzen, die Getreidearten, Hülsenfrüchte, die Obstbäume usw. und nicht zuletzt die Kartoffeln Kinder wärmerer Klimate sind, die bei uns mehr oder weniger nahe ihrer klimatischen Existenzmöglichkeit leben. Man versucht zwar immer mehr, wie auch neuerdings bei Mais, Sojabohne usw. „harte“ Sorten zu züchten, aber ungünstige Sommer und unzeitgemäße Kälteperioden werden ihren Einfluß auf das Protoplasma stets ausüben. In ihrer wärmeren Heimat haben sie nicht nur wärmere Luft und stärkere Sonne, sondern auch der Boden hat während der Vegetationszeit meist eine höhere und gleichmäßigere Wärme; kalte und nasse Zeiten, besonders solche mit starkem Wechsel der Lufttemperatur müssen ungünstige Folgen haben nicht nur auf die während des betreffenden Sommers sich entwickelnden Organe, sondern namentlich auch auf die Ruhezustände, auf Samen, Knollen, Zweige usw.

Erfrieren und Gefrieren[4]).

Von der besprochenen Unterkühlung, die zu den beschriebenen Erkältungskrankheiten führen kann, muß, wie bemerkt, das „Erfrieren“ einer Pflanze geschieden werden. Man wird darunter jedes Absterben verstehen müssen, welches sich plötzlich oder allmählich bei einer Pflanze

[1]) Pantanelli, E., Beiträge zur Kenntnis der Roncetkrankheit oder Krautern der Rebe. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXII (1912), 1, mit 28 Abb.

[2]) Petri, L., Contributo allo studio degli ablassamenti di temperatura sulli viti in rapporto all' arrciamento Memoire della R. Staz. di Patalogia vegetale 1912.

[3]) Kroemer, K., Die Anfälligkeit der amerikanischen Reben für Krankheiten. Mitt. f. Weinbau u. Kellerwirtsch. X (1918).

[4]) Vgl. auch Molisch, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl., 1920, S. 197ff.

einstellt infolge des Eingriffs einer unter die Minimalgrenze der Wärmeansprüche herabgehenden Temperaturerniedrigung[1]).

Das Erfrieren geschieht entweder dadurch, daß das Protoplasma durch akute Kälte oder durch den zu lange dauernden Starrezustand (vgl. S. 509) abgetötet wird, oder daß durch Gefrieren des Zellwassers die Zellgruppen zersprengt werden. Wenn auch in der Mehrzahl der Fälle das Erfrieren des empfindlicheren Protoplasmas mit der Eisbildung eintreten wird, so ist schon oben gezeigt, daß dies keineswegs nötig ist. Namentlich bei sehr verzärtelten Pflanzen, z. B. bei *Senecio* (*Cineraria*) *hibrida*, den bekannten Cinerarien, sahen wir schon bei geschlossener Luft von + 2° C ein Glasigwerden der Blätter (also einen Austritt des Zellwassers in die Interzellularräume durch Erschlaffung oder Zusammenziehung des Primordialschlauches), welches bei Wiedererhöhung der Temperatur nicht wieder verschwand; die Blätter blieben schlaff und wurden schwarz. Ähnliche Erscheinungen zeigen sich nicht selten an anderen tropischen Gewächsen.

Jede Pflanze besitzt eine bestimmte Widerstandsfähigkeit des Protoplasmas, die je nach dem Zustande der Ruhe oder des intensiven Wachstums des betreffenden Pflanzenteils in sehr großen Grenzen schwanken kann. Wir wissen, daß eine Reihe frostempfindlicher Gehölze des freien Landes auch bei normalem Zustande der Reife nur bestimmte Kältegrade aushält[2]).

Die zweite Form ist die Abtötung durch plötzliche Eisbildung in den saftigen Zellen. Auch hier tritt gewissermaßen als Schutzeinrichtung, wie bei vielen immergrünen Pflanzen, bei erniedrigter Temperatur Zellsaft aus den Zellen, die große Menge des Wassers und seine Ausdehnung beim Gefrieren bewirkt aber die Bildung großer (mitunter an saftigen Pflanzen bis mehrere cm langer) Eiskristalle, die die Gewebe zerreißen.

Die Eisbildung tritt nicht bei der Temperatur ein, bei welcher das reine Wasser gefriert, sondern erst unterhalb 0°, weil der Zellsaft eine Salzlösung darstellt. Außerdem ergaben die Beobachtungen, von denen namentlich die von Müller-Thurgau[3]) anzuführen sind, daß Eis erst nach einer bestimmten Überschreitung des Gefrierpunktes, einer Überkältung, entsteht. Als Beispiel, wie manchmal der Überkältungspunkt erheblich tiefer als der Gefrierpunkt liegt, mögen einige Angaben des vorgenannten Forschers dienen.

Bei Weinbeeren erwies sich der Gefrierpunkt (*G*) bei — 3,1° C, der Überkältungspunkt (*Ü*) bei — 6,8 bis 7,8° C, bei Äpfeln und Birnen — 1,4 bis 1,9 (*G*) und — 2,1 bis 5,1 (*Ü*); Kartoffeln — 1,0 bis 1,6° (*G*) und — 2,8° bis 5,6° C (*Ü*) usw.

Daß die Eisbildung an sich nicht todbringend ist, beweisen in vielen Fällen unsere winterharten Gewächse, die oftmals steif gefroren und spröde wie Glas sind und doch nach dem Verschwinden des Frostes wieder fortwachsen.

Die durch Frost getötete Zelle zeigt dann, daß ihre Wandung keinen Widerstand gegen den Druck des Zellsaftes leistet, und läßt letzteren

[1]) Vgl. Kunisch, H., Über die tödliche Wirkung niederer Temperaturen auf die Pflanzen. Inauguraldissertation. Breslau 1880. — Sachs, Landw. Versuchsstationen, 1860, S. 196.

[2]) Vgl. Graebner, P., Die Wirkungen des Winters 1916/17 auf die Gehölze im Garten der Kgl. Gärtnerlehranstalt Dahlem. Bericht Kgl. Gärtnerlehranstalt Dahlem für 1916/17. Berlin, Paul Parey, 1918, S. 93—97, und Gartenflora LXVIII (1919), S. 177—181.

[3]) Landwirtschaftl. Jahrbücher 1886, S. 490.

allmählich ausfließen. In unmittelbarer Berührung mit der Luft geht derselbe in Zersetzung über, und die Zelle selbst fällt zusammen: der erfrorene Pflanzenteil sieht welk aus und vertrocknet oder verfault schnell. Dieser heraustretende Zellsaft, welcher die Fäulnis einleitet, dringt meist durch die Mizellarinterstitien und nicht etwa durch Risse der Zellwand, welche durch den Frost entstanden wären. Wohl kann in einem gefrorenen Pflanzenteile das Gewebe durch das Eis meist leicht in einzelne Gruppen zersprengt werden und, was häufig zu beobachten ist, können die Oberhautzellen von dem darunter liegenden Parenchym sich abgehoben haben; aber ein Zerreißen der einzelnen Zellen durch das Gefrieren des Wassers ist seltener beobachtet worden. Diese Zersetzung des Zellsaftes und namentlich des getöteten Protoplasmas spielt dann eine große Rolle, wenn nur Teile eines Zweiges erfroren sind, wie später bei Krebs usw. zu zeigen sein wird.

Derselbe Kältegrad kann bei derselben Pflanze im gleichen Zustande einmal unschädlich, ein andermal tödlich sein, je nachdem das Auftauen allmählich oder plötzlich erfolgt. Dieser letztere Fall läßt sich beobachten, wenn man gefrorene Blätter oder krautartige Stengel mit der warmen Hand anfaßt. Die Berührungsstellen werden häufig nach dem Auftauen schwarz und sterben ab. Wir kommen im folgenden sofort auf diese Erscheinung zurück.

Temperaturschwankungen. Sachs[1]) hat nachgewiesen, daß jeder schnell eintretenden Hebung oder Senkung der Temperatur auch eine Hebung oder Herabstimmung der Wachstumsgeschwindigkeit folgt. Sorauer sah Blattabwurf eintreten, wenn die Schwankungen in einer Skala stattfanden, die mehrere Grade unter 0° begann und bedeutend über 0° stieg. Die Pflanzen sterben besonders, wenn sich in kurzer Zeit der Temperaturwechsel mehrmals wiederholt, wie aus den Versuchen von Göppert[2]) hervorgeht. Wolfsmilchpflanzen (*Euphorbia lathyris*) wurden aus einer Temperatur von — 4° in ein Zimmer mit + 18° gebracht. Die durch den Frost mit ihrer Spitze abwärts gebogenen, an den Stengel angelegten Blätter erhoben sich alsbald und nahmen ihre normale, wagerechte Stellung wieder ein. Derselbe Vorgang zeigte bei einer innerhalb zweier Tage stattfindenden fünfmaligen Wiederholung des Versuches. Am dritten Tage begann das Aufrichten der Blätter nachzulassen, und nach acht Tagen waren die Pflanzen tot. Die Pflanze war hier also infolge wiederholter Einwirkung geringerer Frostgrade vernichtet, während sie im Freien in unbedecktem Zustande 10—12° Kälte längere Zeit hindurch schadlos erträgt. Ähnliche Resultate ergaben dieselben Versuche mit vielen anderen Pflanzen. Hartley[3]) berichtet über Winterschäden an westamerikanischen Waldbäumen, besonders Nadelhölzern, infolge von Temperaturschwankungen an einem Tage von + 15° bis — 25° C.

Noch viel energischer wirkt aber ein schnelles Auftauen gefrorener Pflanzenteile, welches oft sogar bei sonst ganz winterharten Pflanzen den Tod herbeiführt, während eine langsame Erwärmung selbst empfindlichere am Leben erhält. Es wird also hier das Protoplasma und damit eventuell die Pflanze nicht durch die Kälte, sondern durch die plötzliche Wärme

---

[1]) Lehrbuch d. Bot., 3. Aufl., S. 638.

[2]) Über die Wärmeentwicklung in den Pflanzen usw. 1830, S. 62.

[3]) Hartley, C. P., Notes on winterkilling of forest trees. Forest club Annual University of Nebraska IV (1912), S. 39—50.

getötet. Ein sehr lehrreiches Beispiel liefert Karsten[1]). Eine größere Sendung von Baumfarnen (*Balantium*) hatte auf der Reise 20° Kälte zu überstehen. Die bei der Ankunft in noch gefrorenem Zustande ins warme Haus gebrachten Pflanzen waren getötet, während die zuerst in kaltes Wasser zum Auftauen gelegten Stämme, die nachher in ein kaltes Haus kamen, fast alle am Leben blieben. Daraus geht hervor, daß nicht der Frost, sondern das schnelle Auftauen die Todesursache gewesen ist. Ähnliches bestätigt neuerdings Ackerman[2]).

Für reife Kernobstfrüchte hat Müller-Thurgau, für das Blatt von *Agave Americana* hat Molisch erwähnt, daß diese Objekte nach mäßigem Gefrieren bei sehr langsamem Auftauen am Leben erhalten worden sind, während sie bei raschem Auftauen absterben können.

Gefrorene Blätter mit der Hand angefaßt, daß nur die Fingerspitzen auf der Blattfläche liegen, zeigen oft nach dem Auftauen nur die Fingerdruckstellen erfroren. Nach den Erfahrungen der Gärtner können vielfach gefrorene Pflanzen nach einer Frostnacht durch möglichste Verlangsamung des Auftauens, Übergießen mit kaltem Wasser usw., gerettet werden.

Sehr bekannt ist die Tatsache, daß Pflanzen in völliger Winterruhe viel stärkere Kältegrade ertragen als im schlecht ausgereiften Zustande oder gar im Zustande des intensiven Wachstums, daher die Gefahr weniger Kältegrade an den saftigen Frühjahrstrieben selbst oft der härtesten Gehölze wie Fichte, Eiche, Buche usw. Göppert erwähnt dafür einen bezeichnenden Versuch: Töpfe mit dem gewöhnlichen Kreuzkraut (*Senecio vulgaris*) und dem Straßenrispengras (*Poa annua*), welche bereits eine Kälte von 9° überstanden hatten, wurden für 15 Tage in ein Gewächshaus von 12—18° Wärme gebracht. Nach dieser Zeit erfroren sie schon bei einer Kälte von 7°, während andere Exemplare derselben Art, welche während dieser Zeit im Freien geblieben waren, sich vollkommen unversehrt erwiesen. Die getöteten Pflanzen waren durch den Aufenthalt im Warmhause verzärtelt worden. Daß die inneren geschützteren Teile einer Pflanze leichter erfrieren als die dauernd in der Luft befindlichen, hat für Sellerie, Möhre, das Herz der Kohlköpfe Sutherst[3]) nachgewiesen.

Bei sonst gleichen Verhältnissen fand Haberlandt[4]), daß die im Warmhause bei 20—24° C erzogenen Sämlinge von Ackerbohne, Futterwicke, Möhre, Gerste, Erbse, Raps, Mohn, Rotklee, Luzerne und Lein schon bei — 6° C, Roggen und Weizen bei — 10 bis 12° erfroren, während gleichzeitig im Kalthause erzogene Pflanzen derselben Arten erst bei — 9 bis 12° C zugrunde gingen, ja Roggen und Weizen erst bei — 20 bis 24° C erfroren.

Am wenigsten leiden, wie erwähnt, diejenigen Pflanzen und Pflanzenteile, deren Wachstum in eine völlige Ruhepause eingetreten ist, und es ist bekannt, daß trockene Samen bedeutende Kältegrade schadlos überdauern, während sie im angekeimten Zustande bei viel geringerem Frost zugrunde

[1]) Über die Wirkung plötzlicher bedeutender Temperaturänderung usw. Bot. Z. 1861, Nr. 40.

[2]) Ackerman, A., Über die Bedeutung der Art des Auftauens für die Erhaltung gefrorener Pflanzen. Bot. Notizen 1919, S. 49—64, 105—126.

[3]) Sutherst, W. F., Der Gefrierpunkt von Pflanzensäften. Biedermanns Centralbl. 1902, S. 401.

[4]) Haberlandt, Über die Widerstandsfähigkeit verschiedener Saaten. Wissensch. prakt. Untersuchungen, Bd. I.

gehen. Darüber hat Estreicher-Kiersnowska[1]) ausführlich berichtet. Verf. fand an den Samen zahlreicher Gattungen, daß starke Abkühlung die chemische Zusammensetzung lufttrockener Samen nicht ändert; mehrmalige Wiedererwärmung schadet, tötet aber nicht. Mehrmalige Abkühlung gequollener Samen tötet sie. Kurze tiefe Abkühlung kann sogar zur Keimung anregen[2]). *Tamarix* und *Broussonetia papyrifera* erfrieren in Norddeutschland sehr leicht, im ungarischen Tieflande halten sie schadlos die Wintertemperatur von — 25° C und mehr aus.

Während der vegetativen Entwicklung ändert sich die Frostempfindlichkeit mit den einzelnen Phasen des Zellebens.

In aufbrechenden Blütenknospen von Apfelbäumen, die durch einen Frühjahrsfrost gelitten, fand Sorauer nicht die jüngsten, plasmareichsten Zellen beschädigt, sondern die etwas älteren, im Stadium energischer Streckung befindlichen gebräunt, während noch ältere Parenchymzellen wiederum gesund erschienen.

Aus den bisher angeführten Fällen ersieht man, daß es schwierig ist, bestimmte Thermometergrade als die festen Minimal- und Maximalgrenzen für die Entwicklungsfähigkeit einer Art angeben zu wollen. Im großen und ganzen ist gewiß jede Pflanze an eine bestimmte Wärmeskala gebunden, aber um einzelne Grade sind die Grenz- und Optimalwerte verschiebbar, je nach der Kombination der übrigen Vegetationsfaktoren, welche augenblicklich vorhanden ist und früher zum Aufbau des Individuums beigetragen hat.

Das spezifische Minimum ist eben keine feste Größe, sondern steigt mit der Menge des Zellsaftes, d. h. der Kältetod tritt dann bei höherer Temperatur ein, und umgekehrt wird der Wasserverlust eine Steigerung der Resistenz gegen alle Faktoren zuwege bringen[3]), also bei Frost den Tod erst bei niedriger Temperatur eintreten lassen.

An diese Vorgänge schließt Mez[4]) folgende Betrachtungen an: Jede Lösung einer Substanz in Wasser muß unter den Gefrierpunkt des Wassers abgekühlt werden, bevor sich Eis ausscheidet. Für verdünnte Lösungen, wie sie unter normalen Umständen im Zellsaft existieren, ist die Erniedrigung des Gefrierpunktes proportional der molekularen Konzentration (Raoultsches Gesetz; vgl. Nernst, Theoretische Chemie, 4. Aufl., 1903, S. 152). Betreffs der Lösungen osmotischer Substanzen, welche mehrere Stoffe gelöst enthalten, gilt das Daltonsche Gesetz, wonach die Gefrierpunkterniedrigung gleich ist der Summe der Erniedrigungen, welche jeder Stoff für sich allein erzeugen würde.

Da nun jede Zelle in demselben Pflanzenteil einen von dem der anderen graduell verschiedenen Inhalt haben dürfte, so wird auch der Unterkältungspunkt des Zellsaftes ein stets wechselnder sein. Da die Zusammensetzung

[1]) Estreicher-Kiersnowska, E., Über die Kälteresistenz und den Kältetod der Samen. Diss. Freiburg i. S., 1915.

[2]) Kinzel, W., Über eine neue Methode des Durchfrierens und die damit erzielten Erfolge bei zahlreichen bisher nicht oder kaum zur Keimung gebrachten Samen. Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. XVII (1919, S. 139—142. — Vgl. auch Gassner, G., Untersuchungen über die Wirkung des Lichts und des Temperaturwechsels auf die Keimung von *Chloris ciliata*. Jahrb. d. Hamburg. Wissensch. Anstalt. XXIX (1911), 3 Beitr. — Altes und Neues zur Frage des Zusammenwirkens von Licht und Temperaturen bei der Keimung lichtempfindlicher Samen. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVI, S. 122 (1916).

[3]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., S. 315, Anmerk.

[4]) Mez, Carl, Neue Untersuchungen über das Erfrieren eisbeständiger Pflanzen. Flora oder Allgem. Bot. Z. XCIV (1905), Heft I.

des Zellsaftes innerhalb der Breite der für jede Pflanzenart spezifischen Grenzen je nach der Ernährung schwankend ist, so wird verständlich, daß die einzelnen Individuen verschiedene Resistenz besitzen. Auch erklärt sich damit das verschiedene Verhalten trockener Pflanzenteile gegenüber den sehr saftigen. Daß der Tod bei den austrocknungsfähigen Samen nun auch durch die Wasserentziehung erfolgen soll, erklären sich H. Müller und Molisch in der Weise, daß sie annehmen, es erfolge die Tötung durch die plötzliche Eisbildung in der überkälteten Pflanze, indem hierdurch eine sehr schnelle Wasserentziehung stattfände. Gegen die Hypothese mancher Forscher (Müller-Thurgau und Molisch[1]), daß das Absterben des Protoplasmas durch die wasserentziehende Kraft der Eiskristallbildung erfolgen soll, spricht das Absterben bei manchen Arten über 0° C; dagegen wendet sich auch Pfeffer[2]), bei dem wir die betreffende Literatur sehr eingehend behandelt finden. Unterstützt werden diese Zweifel durch die bereits erwähnten Studien von Mez. Denn die Untersuchungen desselben führen zu folgenden Resultaten: Der die Beendigung der Kristallisation anzeigende Temperaturabfall lag bei keinem der geprüften Objekte unterhalb — 6° C. (Die Versuche wurden mit Blattstielen von *Helleborus*, *Saxifraga* und *Strelitzia*, mit Blättern von *Sempervivum* und Sprossen von *Opuntia*, *Asparagus*, *Begonia*, *Peperomia* usw. angestellt.)

„Aller erstarrungsfähige (nicht absorbierte) Zellsaft erstarrt zwischen 0° und — 6° C. Dementsprechend tritt bei — 30° keine stärkere Austrocknung der Protoplasten infolge von Wasserentziehung bei der Eisbildung ein als bei — 6°. Eine Pflanze, welche die Eisbildung in ihren Geweben überhaupt erträgt, stirbt also nicht infolge von Austrocknung der Protoplasten, sondern infolge der Abkühlung unter das spezifische Minimum.“

Der günstige Einfluß der Eisbildung als Schutz wird von Mez hervorgehoben, indem er allgemein ausspricht, daß der Übergang des Zellsaftes in den festen Aggregatzustand ohne weiteres die in der Pflanze noch erhaltenen Energien vor allzu raschem Abströmen schützt. Die Wärmeleitung in Eis ist viel langsamer als in Wasser, in welchem sich die Wärme durch Strömung verbreitet.

Die Gefahr des Erfrierens, also einer todbringenden Temperaturerniedrigung unter das spezifische Minimum, kann somit durch die Nebenumstände teils gefördert, teils gemindert werden. Die Minderung liegt in der Benutzung der spezifischen Wärme des Wassers, ferner in der Eisbildung selbst, welche doch schon beim Nullpunkt oder dicht unter demselben eintritt, während der Tod vielfach erst bei tieferer Temperatur sich einstellt, endlich aber in der Änderung des Zellsaftes, indem ein größerer Reichtum an Öl, Gummi und Schleim auf das Gefrieren verzögernd wirkt.

Gorke[3]) sieht die Ursache des Kältetodes darin, daß durch die Eisausscheidungen der Zelle der Saft eine so konzentrierte Salzlösung allmählich darstellt, daß eine Aussalzung der löslichen Eiweißkörper erfolgt. Er stützt seine Ansicht auf Versuche mit Preßsäften aus gesunden und erfrorenen Pflanzenteilen. Frischer Pflanzensaft enthielt wesentlich mehr

[1]) Molisch, Über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897.

[2]) S. das Kapitel über „Die Ursachen des Erfrierens“ in „Pflanzenphysiologie“, II. Bd., 1904, S. 314.

[3]) Gorke, H., Über chemische Vorgänge beim Erfrieren der Pflanzen. Landwirtschaftliche Versuchsstationen LXV (1906), S. 149; vgl. Bot. Centralbl. CVII (1907), S. 358.

filtrierbare Eiweißstoffe als gefroren gewesener. Der Kältegrad, bei dem im Preßsaft eine Eiweißfällung eintritt, ist bei den einzelnen Pflanzenarten ungemein verschieden, bei Sommergerste und -roggen schwankt er zwischen — 7 bis — 9°, bei Wintergerste und -roggen zwischen — 10 bis — 15°, bei Nadeln von *Picea excelsa* beträgt er — 40°. Auch Reaktionsänderungen können beim Erfrieren mitwirken. Die Phosphorsäure beispielsweise ist als Säure schwächer bei höherer Temperatur, stärker bei Abkühlung.

Schaffnit[1]) hat gleichfalls den Einfluß niederer Temperaturen auf die pflanzliche Zelle studiert. Bezüglich der Eisbildung fand er die Angaben Müller-Thurgaus im allgemeinen bestätigt. Die chemischen Umlagerungen und physikalischen Zustandsänderungen fand er als: 1. chemisch-physiologische Prozesse bei Temperaturen nahe dem Nullpunkt: Reduktion des Atmungsprozesses; Abbau von Proteinen zu einfachen N-haltigen Spaltungsprodukten; Umwandlung von Kohlehydraten (Stärke zu Zucker und Fett, Sistierung synthetischer Prozesse); Bildung von besonderen Farbstoffen; 2. physiologische Prozesse und physikalische Zustandsänderungen bei Temperaturen unter dem Nullpunkt (Pflanzen in der Kältestarre): Plasmolyse; Kontraktion des Protoplasmas; Zustandsänderungen von Kolloidsubstanzen; Abscheidung kristallisierbarer Substanzen. — Er fand weiter, daß ein höherer Zuckergehalt die Eiweißkoagulation verhinderte, daß die vermehrte Zuckerbildung (Kartoffeln; Rüben usw.) aber nur einen geringen Schutz biete.

Die Steigerung der Gefahr des Erfrierens liegt in allen Umständen, die das Eintreten der tödlichen Unterkühlung beschleunigen.

So kann beispielsweise der von der Kräftigkeit der Ernährung abhängige anatomische Bau des Individuums schon mitsprechen. Bei sehr üppigem Wachstum sind die Lumina der Zellen und Gefäße weiter und die Interzellularen größer. Je weiter aber ein Gefäßrohr gebaut, desto mehr kommt die Gefrierpunkterniedrigung durch die Kapillarität in Wegfall. Diesen Umstand finden wir von Bruijning[2]) hervorgehoben. Derselbe fand, daß Taxusblätterextrakt in engen Kapillaren seinen Gefrierpunkt bei — 8,8°C habe, während derselbe im offenen Reagenzglase bei — 1,3° gefror.

Betrachten wir schließlich vom Standpunkt der hier vorgetragenen Mezschen Theorie die natürlichen Vorgänge der herbstlichen Stoffumlagerungen. Wenn sich die Pflanzen für den Winter vorbereiten, sammeln sie die größte Menge der Reservestoffe an den Speicherstellen und erreichen, je nach ihrer Individualität, zu verschiedenen Zeiten ein Maximum. Bei *Pinus Austriaca* fand beispielsweise Leclerc du Sablon[3]) dasselbe im Mai, bei dem früher wieder austreibenden Spindelbaum im März; bei den laubabwerfenden Gehölzen ist das Maximum bereits im Herbst vorhanden. Bei den immergrünen Pflanzen verbleiben die Reservekohlehydrate reichlich in den Blättern[4]), deren Tätigkeit auf ein Minimum reduziert erscheint,

---

[1]) Schaffnit, E., Studien über den Einfluß niederer Temperaturen auf die pflanzliche Zelle. Mitt. Kaiser Wilhelm-Inst. f. Landw. in Bromberg III (1910), Heft 2.

[2]) Bruijning, F. F., Zur Kenntnis der Ursache des Frostschadens. Wollnys Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphys. 1896; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1898, S. 173.

[3]) Leclerc du Sablon, Über die Reservekohlehydrate der Bäume mit ausdauernden Blättern. Compt. rend. 1905, S. 1608; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1906, S. 322. — Fabricius, L., Untersuchungen über Stärke- und Fettgehalt der Fichte usw. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtschaft 1905, S. 137.

[4]) Simon, Der Bau des Holzkörpers sommer- und wintergrüner Gewächse usw. Ber. d. D. Bot. Ges. 1902, S. 229.

da ihre Spaltöffnungen dauernd sich schließen. Diese Reservestoffe werden tunlichst gegen Frostgefahr geschützt. Teils wandert die Stärke in die geschützten zentralen Teile der Achse (Markkörper, Markstrahlen, Parenchymholz), oder es tritt fettes Öl an ihre Stelle. Bei den Fichtennadeln im Gebirge sieht man die Substanz der Chloroplasten verfließen, und der Zellinhalt bildet im Winter eine gleichartige plasmatische Masse mit reichlichen Öltröpfchen. Diese Umwandlung hat Lidforss[1]) für alle grünen Zellen wintergrüner Gewächse nachgewiesen; im Frühling erfolgt Rückbildung der Stärke.

Wir unterscheiden seit den Untersuchungen von A. Fischer (Jahrb. f. wiss. Bot. 1891, S. 155; zit. von Pfeffer a. a. O. S. 317) Öl- und Stärkebäume, je nachdem dieselben ihre Stärke in Öl verwandeln oder sie in das Innere ihrer Achse wandern lassen und zur Zeit des Verbrauches in der Rinde in Zucker umsetzen. Die Bäume, welche nun ihre gesamte Stärke in Öl umsetzen, dürften höhere Kältegrade zu ertragen geeignet sein (Nadelhölzer) als die, bei denen die Stärke zurückbleibt (Mehrzahl der Laubhölzer). Dieser Umstand spricht sicherlich bei der Erscheinung mit, daß Nadelhölzer und Birke am weitesten in die kalten Regionen hineinreichen. In beiden Fällen wird der Ruhezustand als Zustand größter Frostwiderstandsfähigkeit durch die größtmögliche Armut an wasserlöslichen Substanzen gekennzeichnet sein.

Bewegungserscheinungen durch Frost.

Bei vielen den Frost überlebenden Pflanzen erfolgen bei dem Gefrieren eigentümliche Bewegungserscheinungen, welche bei dem Auftauen wieder verschwinden. Göppert (Wärmeentwicklung in den Pflanzen, S. 12) erwähnt die Beobachtung von Linné, daß die Blätter einer Wolfsmilch (*Euphorbia lathyris*) sich mit der Spitze abwärts neigen, bis das Blatt dem Stengel anliegt. Die Blätter von Goldlack (*Cheiranthus cheiri*) sehen im gefrorenen Zustande wie verwelkt und mannigfach gekrümmt aus und erlangen nach dem Auftauen wieder ihre frühere Beschaffenheit und Stellung. Die Blätter der immergrünen *Rhododendron*-Arten rollen sich der Länge nach zusammen und klappen, gleichfalls wie welk, abwärts, sobald Frost eintritt; ihre Haltung kann man fast als Wärmemesser benutzen (Abb. 142). Harshberger[2]) beschreibt *Rhododendron maximum*, bei welchem sich die Blattstiele bis um 70° senkten und die Blattränder sich stark rückwärts rollten, so daß die Oberseite vorgewölbt erschien. Wurden die Pflanzen ins warme Zimmer gebracht, hatten schon nach 5 Minuten ihre Blätter sich in normale Stellung begeben.

Wittrock[3]) erblickt in den Bewegungserscheinungen einen Schutz gegen Winterkälte. Beispielsweise biegen sich die immergrünen Wurzelblätter zahlreicher Kräuter rückwärts und abwärts, so daß wenigstens der äußere Teil der unteren Blattfläche gegen den Boden gedrückt erscheint; im Sommer stehen sie schräg aufrecht. Besonders deutlich bemerkbar ist dies bei *Hypochoeris maculata*, *Geum urbanum*, *Chaerophyllum* (*Cerefolium*)

[1]) Lidforss, Zur Physiologie und Biologie der wintergrünen Flora. Bot. Centralbl. 1896, S. 33.

[2]) Harshberger, John, Thermotropic movements of the leaves of Rhododendron maximum P. Philad. 1899, S. 219—224; vgl. Bot. Jahresb. 1899, 2, S. 141.

[3]) Bot. Ges. zu Stockholm. Sitz. v. 24. Okt. 1883; vgl. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 50, S. 350.

sativum u. a. Hartig erkennt in diesen Erscheinungen gleichsam ein Welken der Pflanzenteile infolge der Schlaffheit der Zellen, aus denen wohl zum Schutz gegen das Zerfrieren des Primordialschlauches bzw.





Abb. 142. *A* *Rhododendron*-Busch bei Tauwetter. *B* derselbe bei Frost. (Orig. von Höstermann.)

gegen das Zerplatzen der Zellen Wasser in die Interzellularräume herausgetreten ist. Da je nach der Jugend und Ausbildung des Gewebes das Ausfrieren des Wassers in verschiedenen Regionen des Organs verschieden sein wird, so dürfte sich dadurch auch die Verschiedenartigkeit der Bewegung bei Frost erklären.

Derartige Bewegungserscheinungen sind aber keineswegs an die Eisbildung gebunden und sind nur extreme Fälle thermonastischer Reaktion, die, wie Pfeffer[1]) erwähnt, schon in den abendlichen Senkungen von Blüten, Blättern und Sprossen zum Ausdruck kommt. Vöchting[2]) beobachtete an *Mimulus Tilingii*, daß im Frühling Sprosse bestimmten Alters bei hoher Temperatur emporwachsen, bei niedriger dagegen eine horizontale Richtung behalten oder, falls sie bereits aufrecht sich entwickelt haben, die horizontale wieder annehmen. Beleuchtung und Luftfeuchtigkeit sind dabei ohne Einfluß. Er meint, daß bei andauernd geringen Wärmegraden die Pflanze nur kriechende Triebe entwickeln dürfte, an denen niemals Blüten entstehen. Mit dem Blühen hört diese Empfindlichkeit auf, die als Psychroklinie bezeichnet wird. Daß es sich bei derartigen Bewegungen nicht bloß um Turgoränderungen handelt, sondern wirklich auch Reizwirkungen vorliegen, schließt Lidforss[3]) aus zahlreichen Beobachtungen an *Holosteum*, *Lamium*, *Veronica* usw., mit denen auch Klinostatenversuche angestellt wurden. Bei höherer Temperatur sind die Stengel negativ geotropisch, bei Temperaturen unter + 6° dagegen diageotropisch und epinastisch. Hier wirkt aber das Licht modifizierend, indem bei Lichtabschluß die Stengel trotz der niederen Temperatur nicht mehr dia-, sondern negativ geotropisch sind.

Rein thermonastischer Natur sind dagegen die Bewegungen der Blütenstiele von *Anemone nemorosa*, die bei niedriger Temperatur abwärts gekrümmt sind, bei höherer aber aufrecht stehen.

Bei den Blattstielen und Blattflächen bemerkt man vielfach die Annahme einer Horizontalstellung oder, an höheren aufrechten Achsen, das Zurückbiegen unter die Horizontalebene. Hervorheben möchten wir dabei aber den Umstand, daß die Bewegungen sich meist in den Gelenken vollziehen und bei derselben Pflanze nicht immer gleichsinnig sich zeigen. Es kann vorkommen, daß bei zusammengesetzten Blättern ein Teil der Foliola nach oben geschlagen ist, während die Mehrzahl nach unten sich zurückbiegt, daß also einmal die morphologische Oberseite der Gelenkpolster sich verkürzt, ein andermal die Unterseite. Daß bei vielen Pflanzen die „Frostwelke“ tatsächlich ein Zustand echten Welkens ist, ein Erschlaffen der gesamten Gewebe der Stengel und Blätter durch den Wasseraustritt in die Interzellularen, beweisen eine Anzahl früher Frühlingspflanzen, wie z. B. *Galanthus*-Arten, *Primula elatior*, *Eranthis*, *Ranunculus ficaria* u. a. Die fleischigen Organe dieser Pflanzen werden bei Frost ganz schlaff und welk, legen sich flach auf den Boden oder auf den Schnee, so daß man sie bei trockenem Frost für getötet halten kann. Bei Eintritt wärmeren Wetters richten sie sich sofort wieder auf. Die Frostwelke darf selbstredend nicht mit dem Welken der Blätter verwechselt oder vermengt werden, welches beim Abtöten derselben durch Frost gleichfalls eintritt, bei Eintritt wärmerer Witterung aber sofort in ein Vertrocknen oder Verfaulen übergeht. Bei mehreren holzigen Pflanzen sieht man eine Bewegung der Zweige und Äste, und zwar proportional der Kälte. Nach Caspary[4])

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., II (1904), S. 495.

[2]) Vöchting, H., Über den Einfluß niedriger Temperatur auf die Sproßrichtung. Ber. D. B. Ges. XVI (1898), S. 37—52; vgl. Bot. Jahresb. 1898, 1, S. 582.

[3]) Lidforss, Bengt, Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., XXXVIII, 1902, S. 343. (Z. f. Pflanzenkrankh., 1903, S. 277.)

[4]) Report of the international Horticultural Exhibition etc., London 1866; vgl. bei Nördlinger, Forstbotanik, I, S. 201.

richten *Acer negundo* und *Pterocarya Caucasica* ihre Beastung auf, während *Larix*, *Pinus strobus* sowie *Tilia parvifolia* die Äste senken; *Aesculus hippocastanum* und *Ae.* (*Pavia*) *rubra* sowie *Carpinus betulus* senken die Äste bei geringen Frostgraden und richten sie bei stärkerer Kälte wieder auf. Bei dieser Hebung oder Senkung vollzieht sich gleichzeitig eine seitliche Bewegung, die bei einzelnen Arten nach rechts, bei anderen nach links hin erfolgt. An *Cornus sanguinea* sah Frank[1]) die ein- bis dreijährigen Ästchen stark wellenförmig geschlängelt und umeinander gewunden. Die meisten Krümmungen zeigten sich deutlich nach einer und derselben Himmelsgegend orientiert, so daß Frank auf die Wirkung eines aus bestimmter Richtung kommenden kalten Luftstromes schloß.

Die Ursache für die genannten Bewegungsvorgänge an Blättern und Blattstielen sowohl als auch bei Zweigen sind die Spannungsdifferenzen zu suchen, welche teils durch Turgeszenzänderungen, teils durch ungleiche Zusammenziehung verschiedener Gewebeformen innerhalb desselben Organs bei Eintritt der Kälte zustande kommen.

Bei den Bewegungserscheinungen der Zweige wird sich die Verschiedenartigkeit der Bewegungen leicht erklären lassen, wenn man den Bau der einzelnen Achsen genauer betrachtet und sieht, wie die Ausbildung der Jahresringe betreffs der Menge des dünnwandigen Frühlingsholzes (Abb. 139) zum derbwandigen, englumigen Herbstholze ständig wechselt. Man vergleiche in dieser Beziehung die Studien von R. Hartig über den Wechsel von dickwandigem Rotholz zum hellen lockeren Zugholz innerhalb desselben Querschnittes eines Fichtenastes, über die oben S. 497 bei den Wirkungen der Winde gesprochen ist. Daraus ergibt sich, daß bei Kältewirkung die Zusammenziehung der Gewebe sehr wechselnd und die Senkung der Äste je nach Verteilung von Zug- und Rotholz sehr mannigfach sein muß, also die von den einzelnen Forschern gemachten Beobachtungen keine allgemeine Gültigkeit haben können, sondern nur als Einzelfälle vorläufig zu registrieren sind.

Die Frostempfindlichkeit der Moorbodenvegetation.

Bei den in Kultur genommenen Moorböden ist die besondere Frostempfindlichkeit gegenüber den anderen Bodenarten durch vielfache Erfahrungen erwiesen. Dabei zeigen sich wesentliche Unterschiede, je nachdem der Moorboden eine Sanddecke erhalten oder mit Sand gemischt ist. Wollny[2]) fand bei seinen Versuchen, daß letzterer bessere Produktion zeigte als ersterer, bei dem der Grundwasserstand höher war. Statt des Sandes hat sich auch eine Bedeckung mit Ton vorteilhaft erwiesen. Bei Wiesenkulturen empfiehlt Fleischer[3]), falls zu starke Entwässerung eingetreten, eine Bedeckung mit feldspatreichem Sand oder Lehm oder Kleie zur Vermeidung eines allzu starken Austrocknens.

Jungner[4]) führt mehrere Beispiele aus der Provinz Posen an, bei denen solche Moorfelder, die nicht mit tonhaltigem Boden bedeckt worden

---

[1]) Frank, A. B., Krankheiten d. Pflanzen. Breslau 1895, I, S. 187.

[2]) Wollny, Untersuchungen über die Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften des Moorbodens durch Mischung und Bedeckung mit Sand. II. Mitt. Forsch. a. d. Geb. d. Agrik.-Physik, XX (1897/98), S. 187.

[3]) Fleischer, M., Über die zweckmäßige Behandlung von Moorwiesen; vgl. Biederm. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1888, S. 137.

[4]) Zweiter Jahresber. d. Sond.-Aussch. f. Pflanzenschutz für 1904. Arb. d. Deutschen Landw.-Ges., Heft 107, Berlin 1905, S. 61.

waren, ein zweimaliges gänzliches Abfrieren der Kartoffeln und der Sommerung zeigten, während die bedeckten keinen besonderen Schaden erlitten hatten.

Diese Erfahrung weist schon darauf hin, daß wir die Hauptschädigungsperiode betreffs der Frosterscheinungen bei Moorböden im Frühjahr zu suchen haben. Es wird dies erklärlich, wenn wir bedenken, daß die Humusböden in der kalten Jahreszeit meist einen Überschuß an Feuchtigkeit haben. Der feinporige Humus wird, mit Wasser gesättigt, sich im Herbst langsamer abkühlen als minder wasserreiche Böden, sich aber im Frühjahr auch viel schneller erwärmen.

Für die kurzlebigen Feldgewächse werden diejenigen Frühjahrsfröste am gefährlichsten, welche durch Strahlung entstehen, was man leicht dadurch erkennen kann, daß die durch die Kälte hervorgerufenen Verfärbungserscheinungen an Blättern und Stengeln scharf abschneiden, wenn ein solcher Pflanzenteil durch darüberliegende Blätter teilweise gedeckt ist.

Es fragt sich nun, wo die Strahlungskälte am meisten sich entwickeln wird, und inwiefern dabei die Verdunstungskälte mitspricht. Kommen beide Faktoren hochgradig zur Wirkung, so werden die Luftschichten dicht oberhalb der Bodenfläche merklich kälter als die durchschnittliche Temperatur sein. Über einer Schneedecke hat Polis[1]) eine solche Temperaturerniedrigung der angrenzenden Luftschichten nachgewiesen; dieselbe wird um so größer sein, je geringer die Luftbewegung ist. Daher die Maifröste in windstillen klaren Nächten. Die moorigen und anmoorigen Böden mit ihrem Wasserreichtum werden im ersten Frühjahr, wo Boden und Untergrund noch nicht durchwärmt sind, eine starke Verdunstung haben, selbst wenn sie als Kulturland bereits mit Sand gemischt sind und dementsprechend sich stärker abkühlen. Die Verdunstung wird auch noch durch die dunkle Bodenfarbe gesteigert, wie aus Wollnys[2]) Versuchen hervorgeht. Vorbeugend wirkt das Decken mit einer Sandlage von 6 bis 10 cm; dann kann nur wenig Wasser aus der Humusschicht in den Sand gelangen, und es werden demgemäß nur geringe Mengen verdunsten. Aus demselben Grunde wirkt die Sandschicht auch schützend gegen Trockenheit. Ein Nachteil des Übersandens zeigt sich bei Ansaat feiner, flachwurzelnder Gräser, die leicht in dem nahrungsarmen Sande verkümmern[3]).

Wenn es sich um Obstbaumkulturen auf Moorböden handelt, dürfen als Frostschutzmittel empfohlen werden: 1. Baumpflanzungen auf der West- und Südwestseite der Obstanlage zur Milderung der Temperaturdifferenzen im Frühjahr. Die Rinde platzt fast ausnahmslos auf den nach diesen Himmelsgegenden orientierten Flächen, und auch die normalen Ablösungserscheinungen der Borkenschuppen (z. B. Platane) beginnen früher und intensiver auf diesen Baumseiten; 2. starke Kalkung und Zufuhr von Thomasmehl bei genügendem Vorhandensein der übrigen Nährstoffe. 3. Vor allem aber suche man die Obstsorten heraus, die Moorböden vertragen. Huntemann[4]) empfiehlt auf Grund praktischer Erfahrungen

---

[1]) Meteorologische Zeitschr. 1896, Heft I.

[2]) Blätter für Zuckerrübenbau, 1899, Nr. 9.

[3]) Mitteil. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1895, Nr. 5 u. 6.

[4]) Huntemann, Das Erkranken der Obstbäume auf Moorboden. Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1898, Nr. 7.

von Pflaumen die gewöhnliche Hauszwetsche. Von Äpfeln haben sich bewährt: Schöner von Boskoop, Golden noble, Doppel Pigeon, Weißer Wintertaubenapfel, Orleansreinette, Parkers Pepping, Purpurroter Cousinot. Nicht brauchbar sind Wintergoldparmäne, Gravensteiner, Prinzen- und Alantapfel, da sie, zu frostempfindlich, vom Krebs leiden. Nach den Erfahrungen des Herrn Baumschulbesitzers Klitzing eignen sich zum Anbau auf Moorböden folgende Apfelsorten: Roter Eiserapfel, Burchardts Reinette und Cludius' Herbstapfel. Von Birnen werden empfohlen: Köstliche von Charneux, St. Germain und Neue Poiteau. Will man Kirschenkulturen überhaupt versuchen, so wähle man eher noch Sauerkirschen als Süßkirschen.

Ein weiterer Grund, weshalb moorige und anmoorige Böden oft besonders dem Frost ausgesetzt sind, ist dadurch gegeben, daß sie meist tiefer liegen als ihre Umgebung. Aber auch ohne Moorboden sind Senkungen, namentlich wenn ein weiteres Gelände sich zu ihnen abflacht, häufig sehr den Früh- und Spätfrösten ausgesetzt, sie sind „Frostlöcher". Namentlich in klaren Nächten mit starker Ausstrahlung in den Himmelsraum fließt die schwerere kalte Luft nach den tiefer gelegenen Teilen und sammelt sich naturgemäß in den Senkungen. Es ergeben sich dort dann besonders starke Temperaturschwankungen. Lauenburg in Pommern verdankt seinen Namen als „Pommersches Sibirien" seiner Lage zwischen den Diluvialhöhen. Bei Ortschaften, die langgestreckt in der Talrichtung in der Sohle der Täler liegen, ist häufig die Beobachtung gemacht worden, daß je nach der herrschenden Windströmung in den kritischen Nächten die Obstblüte auf der einen Seite erfror, auf der anderen nicht.

Das Aufziehen der Pflanzen.

Die stark wasserhaltenden Bodenarten sind es, welche das Aufziehen von Pflanzen durch Frost zeigen. Nach unbeständiger Winterwitterung, bei welcher auf nasse Tage scharfe Fröste plötzlich folgen, sieht man im ersten Frühjahr nicht selten eine Menge junger Pflänzchen mit bloßgelegten Wurzeln auf der Oberfläche des Ackers. Ein Teil der Wurzeln ruht auch wohl noch mit seinen Spitzen in der Erde und fristet den Pflänzchen ein kümmerliches Dasein, während andere Würzelchen, vollkommen frei, mit abgerissenen Spitzen dem Vertrocknen durch Wind und Sonne entgegengehen. Dieselbe Erscheinung tritt bei spätgepflanzten kleineren Stauden mit strähnigen Wurzeln (Primeln usw.) oder bei Steckholz (*Ribes, Salix* usw.) nicht selten auf solchen Böden auf.

Die Erklärung des Vorganges liegt sehr nahe. Der Boden mit starker wasserhaltender Kraft hält große Quantitäten Wasser zurück; er ist an den oberen Schichten mit Wasser gesättigt, er ist völlig naß. Beim Eintritt eines Frostes unmittelbar nach Regenwetter bildet sich an der Oberfläche zunächst eine dünne Eisschicht, die die Pflanze dort fest einschließt. Der Frost dringt dann von oben nach unten tiefer ein, und beim Gefrieren des Wassers dehnt sich dieses aus und kann für diese Ausdehnung natürlich nur nach oben hin Raum gewinnen. Die in die Eisschicht eingeklemmte Pflanze wird dabei mit gehoben. Tritt dann wieder Tauwetter ein, so geht das Auftauen gleichfalls von oben nach unten vor sich. Der Boden geht mit der Umwandlung des Eises in Wasser wieder auf sein ehemaliges Volumen zurück, er sinkt zusammen. Da aber die unteren Teile der Wurzeln bis zuletzt im Eise stecken bleiben, können diese nicht mit zurücksinken,

sondern der Boden senkt sich um sie zusammen. Wenn nun, wie namentlich in der Lüneburger Heide oft zu beobachten ist, derartige Frostperioden nach Regen mehrmals in einem Winter auftreten, so kann das Aufziehen bis über 1 dm Höhe erreichen, wie Graebner öfter beobachten konnte.

Verstärkt wird die Erscheinung, wenn bei plötzlichen Frösten „Kammeisbildung" eintritt, wenn sich lange nadelartige Eiskristalle an der nassen Bodenoberfläche bilden; diese heben dadurch die oberen Bodenschichten samt der jungen Saat in die Höhe. Wenn ein Teil der feinen Wurzeln bereits in größere Tiefe gegangen ist, werden diese abgerissen.

Die Hilfe beruht hier wohl meist in der Anwendung einer schweren Walze zu einer Zeit, wo das Feld schon einigermaßen abgetrocknet ist, aber die Pflanzen durch die wenigen im Boden befindlichen Wurzeln sich noch frisch zeigen. Durch das Andrücken einer in Bestockung begriffenen Saat erhalten die untersten Stengelknoten Schutz und Feuchtigkeit genug, um neue Adventivwurzeln zu treiben und auf diese Weise den Schaden an Befestigungs- und Ernährungsorganen wieder allmählich zu ersetzen. Namentlich bei Getreidepflanzen wird das Walzen günstig wirken, und es lassen sich bei feuchter Frühjahrswitterung aus solchen aufgezogenen Pflanzen noch kräftige Halme heranziehen.

Als Vorbeugungsmittel wird selbstverständlich die Dränage wirken. Günstig mag sich auch ein Lockern mooriger Erde durch Überfahren mit Sand zeigen. Kühn[1]) fand außerdem in dieser Beziehung die Drillkultur wirksam, indem man hierbei die Saaten behackt. Zwischen diesen entstehen dadurch „kleine Rillen, in die sich die Nässe vorzugsweise zieht, und so beobachtet man unter den angeführten Umständen in den Zwischenräumen ein Aufziehen des Bodens, während die Pflanzenreihen selbst unberührt bleiben". Hedwig[2]) empfiehlt frühe Bestellung der Saat, um möglichst reichlich recht tiefgehende Wurzeln zu erzielen und dadurch die Pflanzen mehr im Boden zu befestigen.

Ekkert[3]) empfiehlt eine flache Saat, hauptsächlich aber die Anzucht kräftiger Pflanzen. Zur Befürwortung der flachen Saat scheint Ekkert durch den Ausspruch des Grafen Pinto-Mettkau bewogen worden zu sein, welcher angibt, daß nur tiefliegende Saaten aufgezogen werden und bei diesem Aufziehen an der Basis des unteren Internodiums reißen, also an dem nur bei tiefer Saat sich stark streckenden Stengelgliede, welches den Bestockungsknoten in die Nähe der Bodenoberfläche hebt. Diese Ansicht wird auch von Breymann[4]) geteilt. Die Untersuchungen von Ekkert über die Festigkeit und Elastizität dieses untersten Stengelgliedes und der Wurzeln sprechen dafür, daß die Wurzeln bei dem Aufziehen eher reißen werden als das Internodium. Bei der flachen Saat ergibt sich die Möglichkeit, daß nur die Wurzeln abreißen und das flachliegende Korn also mitgehoben, der verletzten Pflanze somit als möglicher Reservestoffbehälter noch erhalten bleibt. Die Beschädigung würde somit geringer und bei Nachhilfe durch eine schnellwirkende Frühjahrsdüngung leichter zu überwinden sein.

---

[1]) Krankheiten der Kulturpflanzen, 1859, S. 11.

[2]) Vgl. bei Göppert, Wärmeentwicklung usw., S. 236.

[3]) Ekkert, Über Keimung, Bestockung und Bewurzelung der Getreidearten usw. Inauguraldissertation, Leipzig 1874; vgl. in Biedermanns Centralbl. 1875, S. 204.

[4]) Über das Auswintern des Weizens, des Rapses und des Rotklees. Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchemie 1881, S. 829.

Als widerstandsfähige Art ist der Johannisroggen empfohlen worden. Unter den Weizensorten findet sich eine russische Sorte, der Urtobo-Weizen, als besonders widerstandsfähig angegeben. Übrigens werden weder Sorte noch Saattiefe den Ausschlag geben, sondern wohl vorzugsweise die Beschaffenheit des Bodens, dessen wasserhaltende Kraft dabei besonders ins Gewicht fällt.

Bei den jungen Gehölzkulturen kommt bei Barfrösten auch ein Aufziehen der Saaten vor. Die mit kräftigen, langen Pfahlwurzeln versehenen Kiefern- und Eichensämlinge leiden nicht, wohl aber die flachwurzeligen Fichten und Tannen und von Laubbäumen die Schwarzerle in moorigen Böden.

B. Krankheiten durch Unterkühlung (Erkältung).

Ergrünungsmangel junger Blätter.

Eine besondere Form der Äußerung niederer Temperaturen auf die Färbung des Pflanzenkörpers ist das Gelbbleiben wachsender Organe (vgl. oben S. 339 „Icterus durch Kälte") aus Mangel der nötigen Ergrünungstemperatur. Nach den Beobachtungen von Sachs (Lehrbuch 3. Aufl., S. 636) können die Feuerbohne und der Mais (*Phaseolus multiflorus* und *Zea mays*) nicht ihre Chlorophyllkörner grün färben, wenn die Temperatur nicht wenigstens + 6° C beträgt. Ebenso verhält sich der Raps. Die Pinie (*Pinus pinea*) braucht wenigstens 7° C. Bei verspillerten Keimpflanzen, die, kurze Zeit dem Lichte ausgesetzt, gelber wurden als die in Dunkelheit verbliebenen Exemplare, fand Elving[1]), daß sich Etiolin gebildet bei Temperaturen, die für die Chlorophyllbildung noch zu niedrig waren. Im ersten Frühjahr, wenn Pflanzen ihrer Schutzdecken entledigt werden, finden sich zahlreiche Beispiele, daß die unter der Decke entstandenen, etiolierten Triebe trotz der bisweilen reichen Beleuchtung ihre gelbe Farbe nicht oder nur langsam und unregelmäßig, nämlich stellenweise verlieren. Das häufigste Beispiel liefern die Hyazinthen in den Gärten. Wenn dieselben zu zeitig im Frühjahr aufgedeckt werden und der Frost die jungen, noch nicht ergrünten Blattkegel überrascht, entwickeln sich wohl später die Blätter in normal grüner Färbung weiter, aber ihre jungen Spitzen bleiben weiß oder gelb.

In den gelb erscheinenden Teilen sehen wir meist die Chlorophyllkörner in Gestalt und Anordnung wie in der normal ergrünten Zelle, also den freiliegenden oder an Interzellulargänge grenzenden Teilen der Zellwand angelagert (Epistrophe); jedoch ist der Farbstoff nur ein mehr oder weniger intensives Gelb. Von diesem Stadium bis zum völligen Fehlen der Körner in der gänzlich gebleichten Spitze des Blattes finden sich alle möglichen Übergänge; diese sind aber keine Lösungszustände, sondern Hemmungsbildungen. In den weißesten Partien des Mesophylls erscheinen die Zellen mit wässerigem Zellsaft erfüllt, der von Plasmasträngen durchzogen ist, ohne daß im plasmatischen Wandbelage irgendwelche Chlorophyllkörper angelegt wären. In anderen Zellen der gelblicher aussehenden Partien ist die Differenzierung des Inhaltes bis zur Anlage der Chloroplasten fortgeschritten; aber diese erscheinen weißlicher, weicher, minder dicht und minder scharf konturiert. In den nach der Frostwirkung aus der Erde

[1]) Elving, F., Über eine Beziehung zwischen Licht und Etiolin. Arbeiten d. Bot. Instituts zu Würzburg, II, Heft 3, S. 495ff.; vgl. Bot. Centralbl. 1880, S. 835.

herausgetretenen Teilen der Blätter findet man endlich normal ausgebildete, intensiv grüne Chloroplasten. Bisweilen ist der Ergrünungsmangel mit Auftreten von rotem Farbstoff verbunden. Ein Beispiel liefert Charguerand[1]), der *Phalaris arundinacea picta* beobachtete, deren junge Blattspitzen mit ihren bekannten, weißen Streifen frostgerötet hervortraten; die rosenrote Färbung verschwand bei Eintritt warmer Witterung. Eine Bestätigung für den Eintritt der Rotfärbung bei Kälte liefert Schell[2]), der im Frühjahr Pflanzen mit rotgefärbten, jungen Blättern in drei Partien in verschiedene Temperaturen brachte und beobachtete, daß die im Zimmer bei + 15° C befindlichen Exemplare binnen 18 Stunden grün wurden, während die bei + 8,5° C gehaltenen Individuen erst nach 5 Tagen ergrünten und die im Freien bei einem Maximum von etwa + 4° C belassenen Pflanzen erst nach 20 Tagen grün wurden, als die Lufttemperatur sich erhöhte.

Bei länger andauernder niedriger Temperatur im ersten Frühjahr wenig über dem Gefrierpunkt kann man bei Zwiebelgewächsen, besonders den breitblättrigen *Galanthus*-Arten (*G. Elwesii*, *G. Fosteri*) und bei *Narcissus* beobachten, daß das Wachstums der Blätter weiter fortschreitet, die Ergrünung der neu aus dem Boden hervortretenden Stücke aber unterbleibt. Bei Wiedereintritt warmer Witterung wachsen die weiteren Teile grün nach, so daß die Blätter dann meist geringelt erscheinen. Die weißen Ringeln bleiben gelb oder ergrünen sehr langsam. Diese Tatsache zeigt, daß auch hier wieder zwei Lebensäußerungen verschiedene Temperaturminima besitzen; das Wachstum unterbleibt erst bei tieferer Temperatur als das Ergrünen. Auch bei Gehölzen läßt sich mitunter dieser Vorgang beobachten, namentlich wenn der Austrieb normalerweise gelb ist; so sind die jungen Blätter von *Caragane frutex* gelb; bei andauernd kühlem Wetter bleiben sie unter Vergrößerung längere Zeit gelb.

Zur Vermeidung einer Fixierung des krankhaften, gelblichen Aussehens frostgebleichter Blattspitzen ist anzuempfehlen, die Winterdecke allmählich wegzunehmen oder eine leichte Reisigschicht für die ersten Tage über die Pflanzen auszubreiten.

Süßwerden der Kartoffeln.

Bei der bekannten Erscheinung, daß Kartoffeln bei Eintritt schwacher Kältegrade süß werden, beobachteten bereits Göppert[3]) und Einhof[4]), daß sich individuelle Verschiedenheiten geltend machten. Unter denselben Verhältnissen wurde nur ein Teil der Knollen süß, und diese blieben weich, während die anderen erstarrten. Brachte man Kartoffeln schnell in größere Kälte (etwa 10°), so gefroren sie sämtlich, ohne Zuckerbildung zu zeigen. Nur bei Temperaturen, die wenig unterhalb des Gefrierpunktes liegen, ließ sich ein Süßwerden beobachten. Müller-Thurgau fand, daß diese Veränderung sich nur bei Kartoffeln einstellte, die schon mindestens einen Monat aus der Erde genommen worden waren; bei frisch geernteten Knollen ließ sie sich nicht hervorrufen. Wahrscheinlich ähnliche Erfahrungen

[1]) Revue horticole, Paris 1874, S. 249.
[2]) Schell, Jul., Wirkung einiger Einflüsse auf die Färbung der Pflanzen. Beil. Prot. 75. Sitz. Naturf. Ges. Univ. Kazan 1876, Kazan (Russisch). Ref. Botanischer Jahresber. 1876, S. 717.
[3]) Wärmeentwicklung, S. 38.
[4]) Neues allgem. Journ. f. Chemie. Berlin 1805, S. 473.

führten Payen[1]) zu dem Schlusse, daß schon vor der Frosteinwirkung die Knollen bereits wieder in Vegetation eintreten dürften, wenn sie Zuckerbildung aufweisen.

Der Eintritt der Vegetation wird sicherlich durch die Aufbewahrung in Haufen schnell eingeleitet. In großen Mengen zusammenliegende Kartoffeln beginnen lebhaft zu atmen, die Temperatur im Innern ist oft wesentlich von der äußeren verschieden. Die Atmung wird um so schneller und energischer einsetzen, je früher die Kartoffeln aus der Erde genommen sind, je weiter sie noch von dem Zustande völliger Reife entfernt sind. Aber auch bei völlig reifen Knollen wird sie bei dichter und wärmerer Lagerung allmählich in die Haufen eingeleitet, je schneller, je wärmer die Umgebung ist.

Daß unter normalen Verhältnissen gebliebene Knollen eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Kälte zeigen als die in Haufen, Mieten usw. aufgeschichteten, scheint die während des Krieges vielfach, auch von Graebner beobachtete Tatsache zu beweisen, daß die im Boden verbliebenen Knollen häufig im nächsten Jahre wieder austreiben, und daß dies selbst in großem Maßstabe in Litauen geschah, nachdem über 30° Kälte über das betreffende Gelände gingen. Es dürfte diese Erscheinung mit der größeren Widerstandsfähigkeit der in völliger Winterruhe befindlichen (der „ausgereiften“) Pflanzenteile (vgl. S. 506f.) zusammenhängen.

Die von Einhof und Göppert gefundene Tatsache, daß bei höheren Kältegraden die Kartoffeln gefrieren, ohne süß zu werden, und die süß gewordenen weich geblieben waren, erklärt sich nach den Experimenten von Müller-Thurgau[2]) in einfacher Weise. Dieser Forscher fand, daß die Kartoffelknolle erst bei — 3° erfriert. Allerdings liegt ihr eigentlicher Gefrierpunkt schon etwa bei — 1° C; aber die Zellsäfte müssen erst bis auf 2—3° unter den Gefrierpunkt abgekühlt, d. h. „überkältet“ werden, bevor zwischen den Zellen die ersten Eiskristalle sich bilden können. Natürlich aber wirkt eine Temperaturerniedrigung auf 0 bis — 2° auch schon lähmend auf viele Lebensprozesse ein. Unter diesen sind es zwei, welche hier wesentlich in Betracht kommen, nämlich ein Vorgang, bei welchem Stärke in Zucker umgewandelt wird, und ein Zuckerverbrauchsprozeß. Man kann annehmen, daß der Zucker von dem Protoplasma der Zelle teils veratmet, teils (während der Vegetationszeit) zur Regeneration des Plasmas und zur Stärkerückbildung verbraucht wird. Müller-Thurgau fand in der Tat[3]), daß süße Kartoffeln nach einem Aufenthalte in Temperaturen von 20—30° ihren Stärkegehalt auf Kosten des verschwundenen Zuckers erhöht hatten. Bei einer Temperaturerniedrigung von 0° bis herab auf — 2° nimmt der Veratmungsprozeß (und höchstwahrscheinlich auch der Regenerationsprozeß des Protoplasmas) ab, während die Umwandlung der Stärke in Zucker nicht so schnell zurückgeht. Infolgedessen wird der Zucker in der Knolle angehäuft und diese Ansammlung auch durch den Geschmack bemerkbar; sie beträgt etwa 2,5 % der Frischsubstanz; doch sind verhältnismäßig große Schwankungen bei verschiedenen Individuen derselben Varietät vorhanden. Ein höherer Wassergehalt der

---

[1]) Siehe Czapke, Fr., Biochemie der Pflanzen. Fischer, Jena, I, S. 371. Dort auch Notizen über ältere Literatur.

[2]) Müller-Thurgau, Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffwechsels in stärkehaltigen Pflanzenorganen. Botanisches Centralbl. 1882, S. 198—203.

[3]) Landwirtsch. Jahrb. 1883, S. 807.

Knollen begünstigt das Süßwerden. Dieser Zuckerzunahme entspricht eine Stärkeabnahme; jedoch ist nach den Analysen von Czubata[1]) kein entsprechendes Verhältnis zwischen beiden Vorgängen nachweisbar. Nach Czubata geht ein Teil der Eiweißstoffe aus dem unlöslichen Zustande in den löslichen während des Gefrierens über. Müller nimmt an, daß das betreffende Ferment bei niedriger Temperatur sich vermehrt. Schaffnit (vgl. oben S. 518) betrachtet die erhöhte Zuckerbildung als einen wenn auch nur mäßigen Schutz für das Protoplasma.

Werden Kartoffeln, welche süß geworden sind, einige Tage in einen Raum gebracht, der mehr als 10° Wärme hat, dann hebt sich der Atmungsprozeß, und der Zucker wird verbrannt, d. h. die Kartoffeln werden entsüßt und auf diese Weise für den Haushalt wieder brauchbar. Andere vorgeschlagene Mittel, wie z. B. das Auslaugen der Knollen durch Wasser, führen nicht zum Ziel. Außerdem ist aber noch hervorzuheben, daß man süß gewordene Kartoffeln auch unbesorgt zur Aussaat benutzen kann. Süß gewordene Kartoffeln erfrieren erst bei höheren Kältegraden als nicht süß gewordene Knollen[2]).

Eine Knolle, die erfroren ist, ist tot und fällt bei dem Auftauen sofort hochgradiger Zersetzung anheim. Die Knolle wird weich, läßt Wasser austreten, wird an der Schnittfläche sofort braun, falls dieselbe nicht alsbald mit einer Säure überstrichen wird. Die Schale löst sich bald blasig unter Gasentwicklung vom Fleische, dessen Rindenzellen unterhalb der Korkschale durch Auflösung der Interzellularsubstanz sich lockern. Das Plasma ist braun und körnig und von der Zellwand zurückgezogen, die Proteinkristalle sind dunkelbraun; der Saft ist stark sauer.

Verhalten der Rüben und Kohlgewächse bei Frost.

Bei der Aufbewahrung von Zuckerrüben kann man nur durch möglichst kühle Temperatur den Zuckerverlust, der durch die Atmung des Rübenkörpers innerhalb der Mieten eintritt, vermindern[3]). Bei Zuckerrüben, die wirklich gefroren gewesen, zeigt sich durch das Ausfrieren des Wassers sogar eine Erhöhung des Zuckergehaltes, der von Ninger auf 0,39 % berechnet worden ist[4]).

Eine Neubildung von Saccharose aber findet ebensowenig wie eine Zerstörung derselben durch den Gefrierprozeß statt. Auch die Menge der Stickstoffsubstanzen und das Verhältnis von Eiweiß zum Nichteiweiß bleiben dabei unverändert. Sobald aber das Wiederauftauen beginnt, scheint letzteres auf Kosten des ersteren sich zu vermehren. Die Bestandteile der Rohfaser (Zellulose und verwandte Stoffe) werden schon durch den Gefrierprozeß für Säuren und Alkalien löslicher[5]) und teilweise auch wasserlöslicher. Dadurch wird eine Erhöhung des Nichtzuckers im Safte hervorgebracht. Sorauer beobachtete bei dem Gefrieren der Rüben teilweise Membranquellungen, was als der sichtbare Ausdruck der che-

[1]) Czubata, Die chemischen Veränderungen der Kartoffeln beim Frieren und Faulen. Österr.-Ungar. Brennerei-Zeitung 1879; vgl. in Biedermanns Centralbl. 1880, I, S. 472.

[2]) Müller-Thurgau, Landwirtsch. Jahrb. 1883, S. 826.

[3]) Heintz, Atmung der Rübenwurzeln. Zeitschr. d. Ver. f. die Rübenzuckerindustrie d. Deutschen Reiches XXIII (1873), S. 196; vgl. Bot. Jahresber., I, S. 358.

[4]) Neue Zeitschr. Zuckerr. Ind. IV, S. 361; vgl. Bot. Jahresber. 1880, 2, S. 665.

[5]) Strohmer, F. und Stift, A., Über den Einfluß des Gefrierens auf die Zusammensetzung der Zuckerrübenwurzel. Österr.-Ungar. Z. f. Zuckerindustrie und Landwirtsch. 1904, Heft VI.

mischen Veränderungen der Zellulose gedeutet werden darf. Strohmer und Stift fanden eine auffallende Zunahme des Säuregehaltes.

Der größere, durch Wasseraustritt hervorgebrachte Zuckergehalt und der dadurch konzentrierter gewordene Zellsaft werden übrigens das wirkliche Erfrieren des Rübenkörpers verzögern. Außerdem werden in Mieten die äußeren, gefrorenen Rüben die inneren vor dem Gefrieren schützen. Vgl. Müller-Thurgau und Mez[1]).

Die Angaben der Gemüsegärtner, daß Grünkohl und Braunkohl (*Brassica oleracea acephala*) erst nach Frösten die gewünschte Süßigkeit erlangen und die allgemein verbreitete Gewohnheit, sie erst nach dem Gefrieren zu genießen, dürfte in der Zuckeranhäufung durch die niedrige Temperatur ihre genügende Erklärung finden. Nach den Analysen von Märker und Pagel[2]) ließ sich aus erfrorenen Kohlpflanzen eine 68,66% der Pflanzenreste betragende Saftmenge abpressen, während der gleiche Druck bei den nicht erfrorenen Exemplaren nur 7,1% Saft ergab. Es enthielten 100 ccm Saft von

	erfrorenen	nicht erfrorenen Pflanzen
Trockensubstanz . . .	7,96 g	4,04 g
Rohasche	1,63 „	0,97 „
Traubenzucker . . .	4,17 „	1,41 „
Dextrin (?)	0,80 „	0,58 „
N-haltige Substanz .	0,86 „	0,51 „
N-freie Extraktivstoffe	0,50 „	0,54 „

Man sieht, daß die löslichen Bestandteile im Saft eine erhebliche Vermehrung erfahren haben, und daß an dieser Vermehrung der Traubenzucker in erster Linie beteiligt ist. Es findet hier also eine ebenso bedeutende Zuckerbildung wie bei der Kartoffel statt.

Schoßrüben.

Mit diesem Namen bezeichnet man solche Exemplare von Zucker-, Futterrüben, Mohrrüben, Kohlrabi usw., welche bereits im ersten Sommer in Samen schießen. Die Erscheinung ist in manchen Jahren sehr häufig und bei der Ernte und Verarbeitung des Rübenkörpers störend, da der Wurzelkörper holziger als bei den nicht blühenden Rüben ist. Über die Ursache der Erscheinungen gehen die Meinungen auseinander. Sie bewegen sich in zwei Richtungen, indem einerseits die Beschaffenheit des Saatgutes, anderseits die Witterungsverhältnisse und namentlich Frühjahrsfröste dafür verantwortlich gemacht werden. In Rücksicht darauf, daß man tatsächlich in Jahren, in denen Spätfröste die jungen Rübenpflanzen getroffen haben, besonders viele „Schosser“ oder „Trotzer“ findet, und gestützt auf die nachher zu erwähnenden Versuche von Aderhold mit Kohlrabi, reihen wir vorliegenden Kulturrückschlag an dieser Stelle ein.

Aus der reichen Literatur über Zuckerrüben führen wir nur eine Arbeit an, da dieselbe neuere wissenschaftliche Untersuchungen bringt und kurz referierend die älteren Erfahrungen aufzählt. Andrlik und Mysik[3]) kommen auf Grund zahlreicher Analysen zu dem Ergebnis, daß

---

[1]) Mez, Carl, Neue Untersuchungen über das Erfrieren eisbeständiger Pflanzen. Flora oder Allgem. Bot. Z. 1905, S. 109.

[2]) Märker u. Pagel, Über den Einfluß des Frostes auf Kohlpflanzen. Biedermanns Centralbl. XI (1877), S. 263—66.

[3]) Schoßrübe und normale Rübe. Blätter f. d. Zuckerrübenbau 1905, Nr. 24, S. 374.

das Gewicht einer Schoßrübe bald kleiner, bald größer als das der normalen Rübe sein kann. Die Wurzel der Schoßrübe ist ärmer an Kali, Phosphor- und Schwefelsäure sowie an Ammoniak- und Amidstickstoff. Der Saft ist reiner. Von der durch die Schoßrübe gebildeten organischen Substanz betrug der Zuckergehalt nur 45—50%, bei der normalen Rübe 54—60%. „Der größte Teil der zuckerfreien organischen Substanz entfiel auf das Mark, also die das feste Gerippe der Pflanze bildenden Bestandteile . . .“ „Die Markbildung erfolgte wahrscheinlich auf Kosten des Zuckers.“

Wir ersehen, daß die Rübenpflanze ihren Wachstumsmodus, im ersten Jahre nur Reservestoffe im Wurzelkörper zu speichern und dieselben im folgenden Jahre zur Samenbildung zu verwerten, geändert hat und die durch den Blattapparat erarbeitete organische Substanz nach Erzeugung einer Blattrosette sofort weiter verwendet.

Dieser Umstand weist darauf hin, daß der normale Vorgang der unausgesetzten Bildung neuer Blätter im ersten Jahre eine Störung erfahren hat. Die Vegetation hat für einige Zeit einen Stillstand erlitten, gleichsam eine Ruheperiode durchgemacht, die infolge der Unterkältung des Protoplasmas der winterlichen Ruhe eines normal ausgereiften Rübenkörpers entsprechen würde. Das neu mobilisierte Reservematerial wird hier wie dort nach dem Wachstumsstillstand zur Produktion des Blütenstandes verwendet. Daß Spätfröste einen solchen Wachstumsstillstand hervorzurufen vermögen, ist wohl begreiflich; sie werden um so mehr eine Samenstengelbildung anregen, je später im Jahre sie eintreten, und je mehr die nachfolgende Witterung die Ausbildung eines Blütenstandes begünstigt. Ist das der Frostnacht folgende Wetter dagegen ganz besonders für die Laubentwicklung geeignet, kann die begonnene Streckung der Achse zum Stillstand kommen und die Ausbildung des Rübenkörpers fortschreiten. In großen Zuckerrübenfeldern findet man in der Regel Schosser und derartige Mittelformen. Sicherlich kann diese Neigung zum Schossen durch Samen vererbt werden.

Den experimentellen Beweis über die von den praktischen Züchtern seit langer Zeit behauptete Bildung von „Schossern“ infolge von Frostwirkung hat Aderhold[1]) bei Kohlrabi geliefert. Er hatte Sämlingspflanzen in Töpfen 8—12 Stunden in einen Gefrierraum gebracht und dieselben dann mit anderen nicht vom Frost beeinflußten ausgepflanzt. Bei einem Versuch erhielt er z. B. von 18 unbehandelten Pflanzen zwei Schosser und von derselben Anzahl von Exemplaren, welche im Mai 10 Stunden hindurch einer Kälte von — 2° bis — 6,5° C ausgesetzt gewesen war, sieben Schosser. In beiden Fällen überwanden später einzelne Kohlrabi den Stoß der Frostwirkung und setzten noch einen Rübenkörper an.

Daß solche vorzeitige Blütenstengelentwicklung auch bei anderen fleischige Reservestoffbehälter bildenden Pflanzen (Sellerie, Rettichen) in manchen Jahren reichlich auftritt, ist bekannt. Daß dabei nicht immer der Frost, sondern auch andere Vorgänge, namentlich Überernährung usw., wirksam sein können, ist sehr wahrscheinlich.

Einen merkwürdigen Fall der Farbenänderung der Kartoffel vor allem durch Frostwirkung beschreibt K. Euler[2]). Ein Exemplar der weißen

[1]) Aderhold, R., Über das Schießen des Kohlrabis. Mitt. d. K. Biolog. Anst. 1906, Nr. 2, S. 16.

[2]) Euler, K., Ein bemerkenswerter Fall von Knollenfarbenänderung der Kartoffel. Dt. landw. Presse 1919, S. 161f.

Sorte Silesia war im Dezember abgefroren. Aus der weißen Knolle erwuchsen 10 rote und 1 am Nabel rote.

Braunfleckigkeit der Blätter.

Seit etwa 1882 zeigte sich in Frankreich eine Erkrankung der Weinstöcke, welche sich schnell ausbreitete und stellenweise argen Schaden anrichtete. Sie dehnte sich schnell über Frankreich aus, wo sie bereits 1889 bei Montpellier schweren Schaden anrichtete. Man kennt die Krankheit jetzt in allen weinbauenden Ländern, auch in Palästina, Beßarabien und Nordamerika. In Deutschland wurde sie zuerst 1893[1]), in Italien 1894 beobachtet. Man nennt sie Braunfleckigkeit der Reben (Brunissure), auch Röteln (Rougeole). Zuerst treten auf der Oberseite der Blätter zwischen den Nerven unregelmäßig eckige, hellbraune, scharf umgrenzte Flecken von wenigen Millimetern Größe auf. Durch Vergrößerung der Flecken wird schließlich das ganze Blatt, und zwar am meisten in der Gegend des Blattstielansatzes mit Ausnahme des Saumes und der unmittelbar an die Nerven angrenzenden Regionen, gebräunt. Bei gewissen Rebsorten geht die Färbung in Braunrot und dann in Gelbrot über, so daß die Stöcke aus der Ferne rostfarben erscheinen. Die Blattunterseite zeigt sich ebenfalls rötlich gefärbt (daher auch die Bezeichnung „Röteln"). Vielfach bleiben auch die Flecken klein und isoliert, trocknen ab und brechen schließlich aus. Auf den Stengeln, Ranken und Blattstielen treten ebenfalls ausgedehnte braune Flecken auf oder zahlreiche kleine, schwarze Punkte, die später eintrocknen. Auch die Blüten und Früchte leiden und werden zum baldigen Abfall veranlaßt. An den Wurzeln beobachtet man ähnliche Flecken, die aber nicht eintrocknen, sondern faulen. Oft wird an den oberirdischen Organen geringe Gummiabsonderung bemerkt.

Die ersten Untersucher der Krankheit waren P. Viala und C. Sauvageau[2]). Nach ihnen hat dann F. Debray[3]) die anatomischen Veränderungen in der Pflanze und den Pilz genauer untersucht. Während die erstgenannten Autoren nur trockenes Material untersuchten, operierte letzterer nur mit frischem und stellte auch Kulturversuche an. Nach Debray finden sich in den Wirtszellen Plasmodien, die dem Wirtsplasma innig beigemengt sind, ferner längliche oder kugelige Plasmodien und kugelige, warzige Zysten. Endlich soll noch ein ceroider Zustand vorkommen. Mit der Anwesenheit des Parasiten wird dann die Gummibildung im Kernholz in Verbindung gebracht. Debray zeigt dann weiter, daß der Organismus, der von Viala und Savageau *Plasmodiophora Vitis*, von ihm *Pseudocommis Vitis* genannt wurde, auch bei anderen Pflanzen vorkommt und sich übertragen läßt. So findet er ihn bei vielen Laubbäumen, Koniferen, in den Wurzelknollen der Leguminosen und Erle, ja sogar im Flohkäfer des Weins[4]). Denselben Spuren folgte E. Roze[5]), der ebenfalls die ganz allgemeine Verbreitung in vielen Pflanzen nachweisen wollte (z. B. auch bei der Safrankrankheit „Tacon", bei der Kartoffelkrankheit

---

[1]) Moritz, J. und Busse, W., Über das Auftreten von *Plasmadiophora Vitis* im deutschen Weinbaugebiete in Zeitschr. f. Pflanzenkr. IV (1894), S. 257.

[2]) La Brunissure et la maladie de Californie, maladies de la vigne causee par les *Plasmadiophora Vitis* et *P. californica*. Montpellier, Paris 1892. (Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkr. III, 173.)

[3]) Nouvelles observations sur la brunissure in Revue de viticulture 1894 u. 35 u. 38, ferner La maladie de la brunissure in Bull. Soc. Bot. de France 1898, S. 253.

[4]) Debray, Le champignon des altises. Revue de viticulture 1898.

[5]) Comptes rendus. Tom. 125, 1897; Bull. Soc. Myc. de France 1897 u. 1898.

„Frisolée", in Wasserpflanzen usw.). Schon dieses allgemeine Vorkommen des Parasiten mußte zu Mißtrauen in die Zuverlässigkeit der Beobachtungen berechtigten Anlaß geben. Im Jahre 1899 wies dann J. Behrens[1]) nach, daß der beobachtete Parasit überhaupt nicht existierte. In Rebenblättern, die aus sicher bekannten Ursachen erkrankt waren, fanden sich genau ebensolche Plasmakonkretionen, die den Parasiten vortäuschten. Da sich nun die Braunfleckigkeit der Blätter von Reben und anderen Pflanzen künstlich erzeugen läßt, so fällt die *Pseudocommis* als Erreger fort, und die Ursachen sind daher anderswo zu suchen. Behrens findet sie in Witterungsverhältnissen, namentlich wenn auf starken Regen starker Taufall mit plötzlichem Sinken der Temperatur folgt. Schon Debray hatte angegeben, daß die Krankheit durch starke Feuchtigkeit, namentlich Nebel, und durch überreichen Gehalt des Bodens an organischen Stickstoffverbindungen begünstigt werde; es scheint demnach sicher, daß wir es hier mit einer durch Witterungseinflüsse verursachten Erkrankung und nicht mit einer parasitären Krankheit zu tun haben. Auch G. Massee[2]) ist der Meinung, daß die Brunissure durch plötzliches Sinken der Temperatur entstehe. Man faßt also nach alledem die Braunfleckigkeit am besten als lokale Erkältung auf.

Genau ebenso verhält es sich mit der kalifornischen Rebenkrankheit, die P. Viala[3]) genauer untersucht hat. Die ersten Anzeichen der Krankheit zeigen sich schon im Anfang des Frühjahrs an den Spitzen der Triebe, und von da aus schreitet sie nach der Wurzel hin fort. Die kranken Reben treiben spät und schwächlich aus; die Triebe sind kurzgliederig und stark verästelt. Im Herbste zeigen die vertrockneten, manchmal teilweise ausgereiften Reben braune Zonen im Holzkörper; der Stamm ist, wie die Triebe, braun und schwarz gezont. Die geschwärzte Rinde der Wurzel löst sich leicht von dem schwarzen, schwammigen, wasserreichen Holzkörper. Die Krankheit wird durch Stecklinge übertragen. Auf den Blättern entstehen zwischen den Rippen und am Blattsaum gelbliche, unregelmäßige Flecken, die sich schließlich rot, rotbraun oder bisweilen schwarzrot färben. Sie sind von einer helleren Zone umgeben und vereinigen sich später oft zu Streifen zwischen den Nerven, deren nächste Umgebung aber grün bleibt. Die buntscheckigen kranken Blätter fallen meist schon im Frühjahr ab; das neu hervorkommende Laub zeigt dieselben Erkrankungserscheinungen. Von den schwarzroten Blattflecken hat die Krankheit den Namen „schwarze Röteln" (Melanose[4]), Rougeole noire, Black meales) erhalten.

Die Krankheit trat 1882—1884 in Südkalifornien zum ersten Male ziemlich verheerend auf und breitete sich bis 1887 immer weiter aus, so daß zwei Jahre später gegen 10000 ha von der Krankheit vernichtet waren. Seitdem ist der Fortschritt weniger besorgniserregend. In anderen Ländern wurde die Krankheit noch nicht nachgewiesen; doch hat sich Frankreich durch das Verbot der Einfuhr kalifornischer Reben dagegen geschützt. Nicht bloß auf Kulturreben, sondern auch auf der wilden *Vitis Californica* trat die Erkrankung auf; ebenso findet sie sich auch in den verschiedensten Bodenverhältnissen und Lagen.

[1]) Die Braunfleckigkeit der Rübenblätter und die *Plasmadiophora Vitis* in Weinbau und Weinhandel 1899 n. 33.

[2]) The „Spot" Disease of Orchids in Annals of Botany IX (1895), Sept., S. 421.

[3]) Viala und Sauvageau, s. Anm. 2 auf S. 532.

[4]) Kroemer, K., Die Anfälligkeit der amerikanischen Reben für Krankheiten. Mitt. f. Weinbau u. Kellerwirtsch. X (1918).

Im Innern der Zellen entdeckten P. Viala und C. Sauvageau einen ähnlichen Parasiten wie *Plasmodiophora Vitis*, den sie *P. Californica* benannten. Es hat mit diesem Parasiten dieselbe Bewandtnis wie mit dem der Brunissure: wahrscheinlich sind es Boden- und Wettereinflüsse, welche die Erkrankung veranlassen.

Einer *Plasmodiophora Orchidis* hatte G. Massee[1]) eine Erkrankung der Gewächshausorchideen zugeschrieben, die sich zuerst in kleinen weißlichen Flecken auf den Blättern zeigt. Danach nehmen die Flecken eine bräunliche Färbung an und durchdringen das ganze Blattgewebe, indem sie sich fast schwarz färben. In einer späteren Veröffentlichung weist dann derselbe Autor[2]) nach, daß sich die Flecken erzeugen lassen, wenn man Orchideenblätter mit Eisstückchen belegte und sie unter einer Glasglocke hielt, über die 12 Stunden lang kaltes Wasser floß. Die Temperatur unter der Glocke betrug dann 5 bis 7° C, und nach 24 Stunden waren die von Eis bedeckt gewesenen Stellen blaß geworden; im Innern war Plasmolyse eingetreten und die für die Erkrankung charakteristische Plasmastruktur entstanden. Das Minimum der zur Hervorbringung der Flecken erforderlichen Temperaturerniedrigung wurde zu 6° C bestimmt, wobei die Pflanzen, die vorher wärmer gehalten waren, sich empfindlicher zeigten als die kälter gehaltenen. Außerdem bilden feuchtgehaltene Pflanzen leichter Flecken. Auch die von Abbey[3]) beschriebene *Plasmodiophora Tomati*, die eine ähnliche Fleckenbildung bei den Tomaten hervorruft, entsteht nach Massee durch Temperaturerniedrigung.

Die Reihe dieser zweifelhaften Plasmodiophorakrankheiten beschließt die von N. v. Speschnew[4]) entdeckte *Pseudocommis Theae*. Sie trat in der Gegend von Batum auf den Blättern des Teestrauches auf, und zwar hauptsächlich im Frühjahr. Zuerst erscheinen auf den Blättern vereinzelte, kleine, subepidermale Flecke, die sich bald vergrößern, oft zusammenfließen und endlich fast die ganze Blattfläche einnehmen und sie bräunen. Die Oberfläche der Flecken schimmert graubraun. Die Epidermiszellen sind leer; die Palisadenzellen dagegen sind besonders in ihrem oberen Teil dicht mit strangartigem Plasmodium erfüllt, das sich später in Klümpchen zusammenzieht. Die Klümpchen teilen sich in glatte, innen granulierte Zellen, die durch den gegenseitigen Druck polygonal werden. Zuletzt liegen diese Zellen in den fast völlig desorganisierten Zellschichten des Blattes über dem Schwammparenchym. Das Blatt selbst wird dann ganz bröcklig und zur Teebereitung unbrauchbar. Wahrscheinlich haben wir es hier auch mit einer Erkältungskrankheit zu tun, die sich in ähnlicher Weise wie die vorhin beschriebenen durch Desorganisation des Plasmas äußert.

Die Blattrollerscheinungen, besonders der Kartoffeln[5]), hervorgerufen durch äußere Faktoren[6]). (Echte Blattrollkrankheit usw. vgl. unter enzymatische Krankheiten.)

Die sicherlich sehr verschiedenen Ursachen entspringende Blattrollkrankheit, welche nach Kühn[7]) zuerst im Jahre 1770 in England, 1776 in Deutsch-

---

[1]) On an Orchid-disease. Annals Botany IX (1895), S. 170. — [2]) a. a. O. (s. S. 533).

[3]) Abbey, Journ. Hortic. Soc. London 1895.

[4]) Speschnew, N. v., Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XI (1901), S. 82.

[5]) Vgl. auch Esmarch, F., Beiträge zur Anatomie der gesunden und kranken Kartoffelpflanze I. Anatomie der vegetativen Organe. Landw. Jahrb. LIV (1919), S. 101—206.

[6]) Nach briefl. Vorschlag von W. von Brehmer. Vgl. auch S. 532 ff.

[7]) Kühn, Jul., Krankheiten d. Kulturgewächse. 1858. S. 200. — Ber. a. d. physiolog. Laborat. d. landwirtsch. Instituts zu Halle. 1872, Heft I, S. 90.

land beachtet wurde und außerordentlichen Schaden verursachte, besteht zunächst in einer Verfärbung des Laubes, das nicht mehr das frische Aussehen wie an der gesunden Pflanze besitzt. Der Hauptblattstiel zeigt sich oft nach unten gebogen oder vollständig eingerollt; die einzelnen Blattabschnitte sind gefaltet, wellig hin und her gebogen, mit braunen, meist länglichen Flecken versehen. Letztere dehnen sich auf die Hauptrippe des Blattes und endlich auf den Stengel aus. Zuerst sind nur die oberflächlichen Zellen der Flecke braun; später geht die Erkrankung des Gewebes tiefer ins Innere und im Stengel bis auf den Markkörper. Dabei ändert sich die Stengelbeschaffenheit von der normalen Biegsamkeit bis zur glasartigen Sprödigkeit. Dazu zeigt sich nach Schacht[1]) u. a. eine sehr reichliche Zuckerbildung in den kranken Zellen und starke Stärkeansammlung (Stärkeschoppung) in den erkrankten Stengeln. Wenn sich in besonders akuten Fällen solche Pflanzen bis zur Ernte wirklich lebendig erhalten, haben sie doch gar keinen oder höchst spärlichen Knollenansatz.

Der echten Blattrollkrankheit äußerst ähnliche Bilder kommen sowohl bei der Kartoffel als auch namentlich bei der Tomate dadurch zustande, daß das Wachstum dieser ursprünglich tropischen Gewächse durch stärkere Temperaturschwankungen, namentlich durch Unterkältung gestört wird. Es lassen sich diese Erscheinungen namentlich bei empfindlichen Sorten der Tomate (z. B. Schöne von Lothringen) willkürlich hervorrufen und aufheben. Die Gemeinsamkeit des Bildes dieser und der echten Blattrollkrankheit sind nach unseren Untersuchungen und Versuchen wohl darauf zurückzuführen, daß bei beiden, bei der einen durch die Erkältung, bei der anderen durch enzymatische Störungen (ev. Parasiten?) die Stärkeschoppung hervorgerufen wird, die dann zu dem geschilderten Bilde führt. Auf Anraten von O. Appel und W. von Brehmer sind deshalb die erstgennanten Erscheinungen hier erwähnt, die ausführliche Beschreibung der übrigen folgt dann später.

Kräuselungen und Rollungen der Blätter infolge zu kühler Temperatur sind in den Warmhäusern an tropischen Pflanzen (C. Peters) oft zu beobachten (besonders an *Maranta*), auch im Freien bei kaltem Wetter (*Canna*) usw. Bei langer Dauer dieser Erscheinung und namentlich, wenn die neuentstandenen Blätter Rollungen zeigen, sind sicherlich ähnliche Ableitungsstockungen vorhanden. Von Freilandpflanzen wurden solche Rollungen öfter beim Flieder beobachtet, und Laubert[2]) (vgl. auch Neger a. a. O. 1919) fand eine ähnliche Stärkeschoppung wie bei den Kartoffeln. Auch bei der Blattrollkrankheit der Zuckerrüben scheinen ähnliche Ableitungsstockungen vorzuliegen[3]). Die Roncetkrankheit des Weinstockes, die bei den Erkältungserscheinungen der Wurzel (vgl. S. 512) erwähnt ist, schließt sich wohl auch hier zum Teil an.

---

[1]) Bericht an das Kgl. Landesökonomiekollegium über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten. 1854. S. 11.

[2]) Laubert, R., Über die Blattrollkrankheit der Syringen und die dabei auftretende Stärkeanhäufung in den Blättern der kranken Pflanzen. Gartenflora LXIII (1914), S. 9—11, Abb. 3.

[3]) Bunzel, Herb., Die Rolle der Oxydasen bei der Blattrollkrankheit der Zuckerrüben. Biochem. Zeitschr. L (1913), S. 185—208.

C. Krankheiten durch Erfrieren.

a. Beschädigungen der Blätter.

Frostlaubfall.

(Über die Schüttekrankheiten vgl. S. 274.)

Das Abfallen des Laubes auch ohne den Eintritt von Herbstfrösten ist die normale Form des herbstlichen Laubfalls, der (im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Fällen abnormer Entblätterung nach übermäßiger Hitze, Trockenheit, Lichtmangel, Wasserüberschuß und anderem, eine plötzliche Funktionslosigkeit des Organs hervorrufenden Ursachen) als seniler Tod[1]) zu bezeichnen ist. Das Blatt hat sich eben ausgelebt, und ein derartig normaler Tod desselben hat für die lebendig bleibende Achse die wenigst nachteiligen Folgen. Aus dem senilen Blattapparat wandern allmählich viele plastische sowie wichtige mineralische Stoffe in den Stamm zurück und kommen bei der nächsten Vegetationsperiode zu neuer Verwendung. Das bei den plötzlich im Jugendzustande aus den eben genannten Ursachen oder durch unzeitgemäßen Frost sterbenden Blättern so nachteilige Verbleiben reichlicher Mengen organischer Bausubstanz, die dadurch für die Achse verloren gehen und das Auswaschen leicht löslicher Nährstoffe durch Beregnen sind bei dem senilen Ausleben nur von geringer Bedeutung. In letzterem Falle ist, wie B. Schultze[2]) wiederum hervorgehoben hat, bis zum letzten Augenblick noch die Assimilation von Kohlensäure, wenn auch natürlich mit erlahmender Kraft nachweisbar. Durch das Überwiegen der Vorgänge des Zerfalls über diejenigen des Aufbaues verarmt das Blatt namentlich an leichtlöslichen Eiweißstoffen. Mit der zunehmenden Verdickung und Verkalkung der Membranen wird die Zuleitung neuen Nährmaterials stets schwieriger, so daß dadurch schon die nachweisbare Abnahme[3]) von Stickstoff, Phosphorsäure und Kali erklärlich wird, selbst wenn man nicht einen bedeutenden Rückwanderungsvorgang annehmen will.

Nach dem, was bereits in früheren Abschnitten über den Einfluß von Lage, Bodenbeschaffenheit und Witterung gesagt worden ist, braucht hier nicht noch besonders betont zu werden, daß die Lebensdauer der Blätter bei derselben Pflanzenart sich ganz verschieden erweist und somit der Herbstfrost auch stets auf ganz verschieden alte Blätter wirkt. Demgemäß ist der Vorgang des Blattabwurfs nicht immer derselbe. Der häufigste Fall besteht in der Ausbildung einer Gewebezone am Blattgrunde zu einer charakteristischen Trennungsschicht. Wir geben hier die Abbildung der herbstlichen Trennungsschicht eines Blattes von *Aesculus hippocastanum* wieder (s. Abb. 143). Das Bild stellt einen Schnitt dar, welcher in der Richtung der Länge des Blattstiels durch die Gelenkstelle an der Basis geführt worden ist. *a* ist das Rindenparenchym des Zweiges, *g* die Lage von Tafelkork, welche zurückbleibt, wenn der Blattstiel sich abgegliedert hat und den Schutz für das Rindengewebe bildet. *c* sind die Zellen des

---

[1]) Laubert beschreibt (Dt. Landw. Presse XLVII [1920], S. 17) die Vorgänge beim Laubfall 1919. Am 2. November trat eine $2^1/_2$ Wochen dauernde Periode völlig winterlichen Wetters ein. Der Laubfall wurde dadurch in Norddeutschland unterbrochen (das Laub erfror größtenteils) und um mehrere Wochen verzögert.

[2]) Schultze, B., Studien über die Stoffwandlungen der Blätter von *Acer Negundo* L., 76. Versammlung d. Ges. Deutsch. Naturf.; vgl. Zentralbl. f. Agrikulturchemie, 1906, S. 35.

[3]) Fruwirth, C. und Zielstoff, W., Die herbstliche Rückwanderung von Stoffen bei der Hopfenpflanze. Landw. Versuchsstat. LV (1901), S. 9—18; vgl. Bot. Jahresber. 1901, 2, S. 161.

Blattstielgrundes, die bei *e* in das festere, mit reichlichen Kalkoxalatdrusen versehene Parenchym der verbreiterten Blattstielbasis übergehen. Zwischen *c* und *e* findet der Lockerungsvorgang statt, indem bei *d* die Zellen sich abrunden und auseinanderzuweichen beginnen. Wenn nun die Hebelwirkung des windbewegten oder nassen Blattes sich geltend macht, knickt der Blattstiel in der gelockerten Zellschicht ab.

Je reifer das Blatt ist, desto leichter fällt es ab; daher sieht man die alten Blätter der Zweige im Herbst zuerst vom Winde abgeknickt oder bei mangelndem Winde von selbst abfallen. Die größere Lebensenergie, der größere Reichtum an plastischem Material lassen das jugendlichere Blatt auch bei Frostwirkungen, welche nicht tödlich sind, widerstandsfähiger erscheinen.

Treten tödliche Frostgrade im Herbste zu einer Zeit auf, in welcher das Blatt seine Trennungsschicht noch nicht weit genug ausgebildet hat, der Baum also von seiner Vegetationsruhe noch weit entfernt ist, dann bleibt das tote Laub über Winter an den Zweigen (Buche, Eiche) oder es bleibt im erfrorenen und vertrockneten Zustande nur bis zum Eintritt

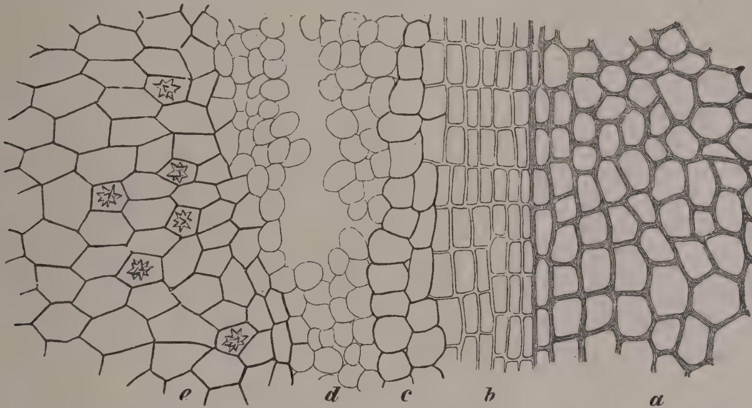


Abb. 143. Herbstliche Trennungsschicht eines Blattes der Roßkastanie. (Nach Döbner-Nobbe.)

einer wärmeren Herbstperiode hängen, die dann oft noch die Trennungsschicht ausbildet (z. B. Robinien, Platanen; vgl. unten S. 540). Hier treten dieselben Vorgänge auf wie bei den anderen Formen der Abtötung durch plötzliche Hitze, Trockenheit usw.

Zur Zeit des ersten Nachtfrostes sieht man frühmorgens, wenn der Reif noch liegt, selbst bei windstillem Wetter, sobald die Sonne heraufkommt, die einfachen Blätter der Bäume abbrechen und die Fiederchen zusammengesetzter Blätter sich von der gemeinsamen Spindel lösen. v. Mohl[1]) fand in solchen Fällen die Blattnarben der abgefallenen oder gerade in der Ablösung begriffenen Blätter bei einer Anzahl von Pflanzen mit einer dünnen Eisschicht bedeckt. *Paulownia* z. B. zeigte eine besonders dicke Eiskruste. Manchmal waren die Blätter nur noch durch die Eiskristalle mit ihrer Narbe verbunden. Diese Eiskristalle haben sich in der Trennungsschicht der Blätter gebildet. Die säulenförmige Beschaffenheit der Kristalle, ihre über den Gefäßbündeln durch Luftbläschen hervor-

[1]) Bot. Zeitung 1860, S. 16.

gebrachte Trübung, ihre scharf mit der Umgrenzung der Blattnarbe abschneidende Auflagerung sprechen dafür, daß nicht größere Mengen etwa ausgeflossenen Saftes gefroren sind, sondern daß kleine Partien Wasser durch die Zellwände genau am Orte, wo sie beobachtet wurden, ausgetreten und zu Eis erstarrt sind.

Die Eisbildung kann manchmal sehr früh auftreten und dadurch Ursache werden, daß Blätter, die sonst noch längere Zeit am Baume verblieben wären, ja bisweilen noch ganz grün sind, bei dem Auftauen abfallen. Außer dieser Wirkung der Eislamelle kann ein vorzeitiger Herbstlaubfall dadurch eintreten, daß das Blatt gänzlich oder teilweise erfriert, also plötzlich funktionslos und dann abgestoßen wird.

Bei dem Frostlaubfall erfolgt die Ablösung des Blattes stets in der Trennungsschicht, die nach Wiesners[1]) Beobachtungen nicht immer aus einem Folgemeristem hervorgeht, sondern manchmal sich auch als ein Rest des primären Meristems darstellt. In anderen Fällen von Blattabwurf kann der Ablösungsprozeß sich in verschiedenen Geweben vollziehen.

Betrachtet man den Abgliederungsvorgang innerhalb der Trennungsschicht im allgemeinen, so findet man nach Wiesner[2]) folgende Modifikationen: Es kann in den Zellen der Trennungsschicht ein so starker osmotischer Druck zustande kommen, daß die Gewebe mit glatten Wänden auseinanderweichen. Bei dem herbstlichen Laubfall kommt nach Wiesner ganz besonders die mazerierende Wirkung organischer Säuren in Betracht. Er nimmt an, daß die Trennungsflächen beim Frosttod in der Regel sauer reagieren, und erklärt sich diesen Umstand dadurch, daß der Frost das Zellplasma töte und es dadurch durchlässig für die im Zellinhalt vorhandenen Säuren mache, die sodann auf die Membranen wirken können. Wahrscheinlich dürfte dabei die Oxalsäure eine große Rolle spielen. Genannter Forscher legte Stengel verschiedener sommergrüner Gewächse in eine 2,5 %ige Oxalsäurelösung und sah binnen wenigen Tagen die Blätter sich ablösen. Auch Stengel von Pflanzen, die an den Internodialgliedern Trennungsschichten anlegen, zerfielen schon binnen kurzer Zeit in ihre Glieder.

Wenn die Blattfläche durch Frost beschädigt wird, aber die unterhalb der Trennungsfläche gelegene Partie des Blattes, also der Blattstumpf, lebendig geblieben ist, dann wird der erfrorene Blatteil zusammentrocknen, aber die Blattbasis sich intakt und turgeszent erweisen. Zwischen letzterem und dem vertrocknenden Teile müssen Spannungsdifferenzen entstehen, die zur Ablösung des Blattkörpers führen.

Wie schnell die vom Frost getroffenen Teile austrocknen, zeigen die Versuche von Prunet[3]). Ein angefrorener Rebenzweig mit vier Blättern, in Wasser gestellt, verdunstete während zwei Stunden 475 mg Wasser; sein Gewichtsverlust betrug dabei 14,16 %. Unter denselben Bedingungen verdunstete ein nicht durch Kälte beschädigter ähnlicher Zweig nur 132 mg Wasser und hatte wegen der stattgefundenen Wasserabsorption um 0,26 % seines Gewichtes zugenommen.

---

[1]) Wiesner, Julius, Über Frostlaubfall nebst Bemerkungen über die Mechanik der Blattablösung. Ber. d. D. Bot. Ges. 1905, S. 49.

[2]) a. a. O., S. 54.

[3]) Prunet, A., Sur les modifications de l'absorption et de la transpiration, qui surviennent dans les plantes atteintes par la gelée. Compt. rend. de l'Acad. des Sciences 1892, 2, S. 964.

Experimentell hat Wiesner auch gezeigt, wie die Pflanzen, die ihr erfrorenes Laub lange, oft über Winter, festhalten, dies lediglich im schnellen Vertrocknen begründet ist. Er nahm Zweige von *Ligustrum ovalifolium* mit erfrorenem Laube und stellte sie im Warmhause derart auf, daß die Sprosse beständig Wasser aufsaugten. Diese ließen nach 6—12 Tagen die Blätter fallen, während an den nicht mit Wasser versorgten Sprossen die Blätter fest sitzen blieben. Bei den im Freien vorkommenden Fällen festsitzenden toten Laubes an den Zweigen ist beim Frost auch die Trennungsschicht oder ihre Ursprungszellen erfroren, und die Ablösung wird erst durch Zersetzung des Gewebes erfolgen. Es wird die Vermoderung der Membranen allmählich so fortschreiten, daß Wind oder andere mechanische Ursachen schließlich das Blatt zum Abknicken bringen. Bei dem

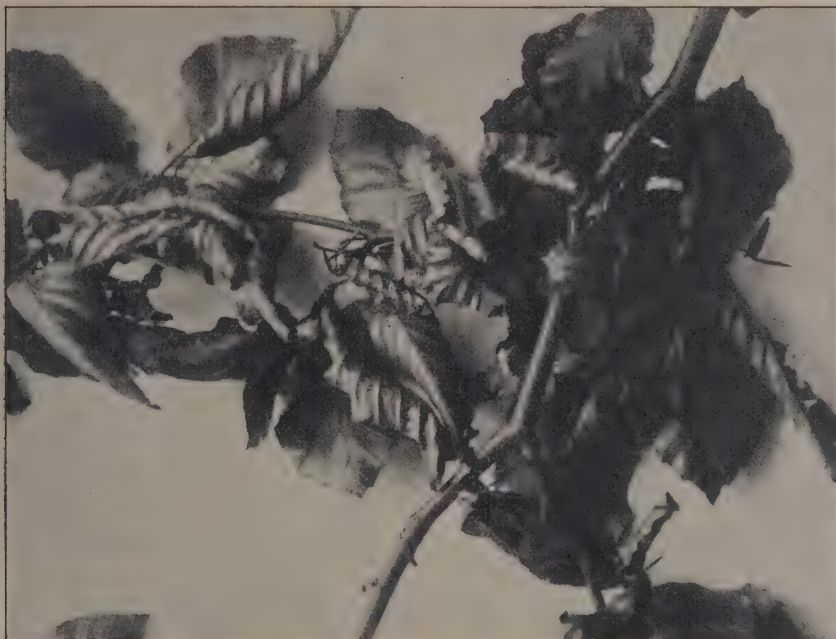


Abb. 144. Buchenzweig, im Juli neben den (flachen) diesjährigen noch die gerollten trocknen Blätter des Vorjahres zeigend (Graebner).

Vermoderungsprozeß werden sich zweifellos Mikroorganismen beteiligen. Bei Buchen u. a. kann man mitunter beobachten, daß die toten Blätter und schließlich ihre Blattstiele mehrere Jahre an den Zweigen sitzen (Abbildung 144). Solche frühzeitigen Fröste und ihre Wirkung studierte Graebner[1]) besonders in den Jahren 1907 und 1919.

Die in den Nächten im Anfang November plötzlich einsetzende, 1907 bis zu — 7° C, 1919 sogar bis zu — 13° C betragende Kälteperiode machte sich namentlich dadurch bemerkbar, daß an zahlreichen Gehölzen das noch grüne Laub erfror und im erfrorenen Zustande hängen blieb. Als dann Ende des Monats und Anfang Dezember wieder Tauwetter eintrat,

[1]) Graebner, Über einige nichtparasitäre Pflanzenkrankheiten des Sommers 1907. Jahresber. Ver. Angew. Bot. 1907, S. 231f. (1908).

zum Teil auch mit einer ungewöhnlich hohen Temperatur, die das Wachstum vieler Pflanzen stark anregte, wurde bei der Mehrzahl der Gehölze die Abtrennungsschicht der Blätter nachträglich ausgebildet, und bei ganz ruhigem Wetter fiel das Laub in großer Menge herab. Eine große Zahl von Gehölzen behielt indessen ihr Laub auch nach der Zeit der Wärme.

Als solche mit trockenem Laube behangenen, sonst es abwerfenden Arten wurden aufgezeichnet: *Larix Sibirica*, *Salix daphnoides*, *acutifolia* und einige *S. daphnoides*-Bastarde, *Alnus viridis*, *Castanea sativa*, *Deutzia gracilis*, mehrere *Spiraea*-Arten, *Exochorda grandiflora*, *Rosa cinnamomea*, *R. Carolina*, *Cydonia Japonica*, *Rubus odoratus*, *Mespilus Germanica*, *Laburnum vulgare*, *Acer rubrum*, *Cotinus coggygria*, *Lindera benzoin*, *Lepargyrea Canadensis*, *Cornus alba*, *Sambucus glauca*, mehrere *Lonicera*-Arten, besonders *L. coerulea* in einigen Exemplaren.

Die anatomische Untersuchung ergab, daß bei der Mehrzahl der genannten Gehölze die Trennungsschicht zwischen Blattstiel und Stengel nicht ausgebildet war, da sie während der Zeit der Ausbildung ganz oder teilweise erfroren war. Das abgetötete Gewebe reichte oft in die Blattkissen hinein und war mitunter stark zerrissen. Bei den meisten waren naturgemäß die oberen Teile der Zweige stärker mit trockenem Laube behängt, die unteren zum Teil oder auch ganz kahl; bei manchen Exemplaren jedoch waren oft ganze Zweige beblättert. Bei diesen waren in den oberen Teilen der Zweige die Frostwirkungen ganz erheblich stärker; so war beispielsweise bei *Cotinus coggygria* und bei *Cydonia Japonica* der größte Teil der Blattkissen mit abgetötet und eingetrocknet, die Blattansatzstelle saß daher in einer kleinen Vertiefung des Zweiges. *Cotinus coggygria* bot, wie aus dem vorhergehenden (s. oben) hervorgeht, im Sommer 1907 ganz besonderes Interesse. Zunächst machte sich bei dem Perückenstrauch ein frühzeitiger Laubfall bemerkbar, ein großer Teil der Exemplare verlor die Blätter in großer Zahl vorzeitig. Die sitzenbleibenden Blätter zeigten fast keine nennenswerte Herbstfärbung und erfroren schließlich noch am Zweige sitzend. Augenscheinlich war *Cotinus*, ebenso wie auch *Cydonia Japonica*, während des warmen und langen Spätsommers zu neuer Wurzelbildung und neuer Vegetation angeregt worden und dann vor Abschluß derselben vom Froste überrascht. Daß eine solche Anreizung zu erneuter Vegetation im Herbste vielfach erfolgte, zeigten die im selben Herbst blühenden Frühjahrsblüher, wie *Spiraea Thunbergii*, *Forsythia suspensa*, *Jasminum nudiflorum*, *Lonicera fragrantissima* u. a.

Schon zu Beginn des Frühlings zeigte sich, daß die Wirkungen der ungünstigen Witterungslagen sich nicht nur an den Blattansatzstellen usw. bemerkbar machten[1]), sondern bei einer großen Zahl der genannten Gehölze blieben die Spitzen der Zweige, an denen die Blätter sitzen geblieben waren, auf eine größere oder geringere Strecke blattlos, sie starben ab. Während des ganzen Sommers trockneten nun immer hier und da frische Zweige, die anfangs keinerlei Schaden gezeigt hatten, ein; sie hatten geblüht, gefruchtet, plötzlich aber welkten die Blätter, und der Zweig starb ab. Mitunter waren nur kleine Zweige davon befallen, öfter aber auch große Äste oder ganze Teile des betreffenden Baumes. Am auffälligsten trat diese Erscheinung, dies ganz allmähliche, immer fortschreitende Absterben von Zweigen, beim Steinobst (bei Kirschen, Pflaumen, Aprikosen, Pfirsichen usw.)

[1]) Graebner, P., Einige wenig beachtete nichtparasitäre Pflanzenkrankheiten. Gartenflora LVII (1908), Heft 16.

auf. In einigen Fällen waren z. B. an großen Aprikosen im Frühjahr schon eine Anzahl Zweige eingetrocknet, und während des Sommers bis zur Fruchtreife hin folgten stets neue nach. Weiter zeigte sich die Erscheinung bei *Larix Sibirica*, *Morus* (sehr stark ausgebildet), einigen *Salix*-, *Ulmus*- und *Alnus*-Arten, *Castanea sativa* (an alten Pflanzen besonders), bei mehreren *Berberis* starben große Teile der dichten Büsche ab, mehrere *Rhus*-Arten behielten trockene Zweige, ebenso *Cotinus coggygria*, ebenso mehrere *Rosa*-Arten, mehrere *Sorbus* (namentlich der *Aria*-Gruppe sehr stark), *Laburnum vulgare*, mehrere *Acer*-Arten, besonders *A. ginnala*, *Parthenocissus* hatte tote Zweige, *P. Veitchii* starb oft bis zum Boden ab, *Liquidambar* und *Parrotia* hatten auch vielfach gelitten. Dazu kommen noch eine ganze Reihe anderer Gehölze, die Zweige oder Äste verloren hatten.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Mechanik der Ablösung bei dem herbstlichen, senilen sowohl wie bei dem Frostlaubfall manchmal selbst bei demselben Individuum verschieden sein kann je nach dem Alter der Blätter und den vorhandenen Nebenumständen. Außer der Abgliederung des ganzen Blattes von der Achse kommt auch bei manchen Pflanzen (*Aesculus*, *Fraxinus* usw.) ein Ablösen der Blattfläche vom Blattstiel vor. Diese Region ist auch bei anderen Störungen besonders empfindlich und kennzeichnet ihre Ähnlichkeit mit der Blattstielbasis bisweilen durch gleiche Verfärbung.

Dingler[1]) beobachtete durch Schneidelungsversuche eine größere Widerstandsfähigkeit der jungen Blätter speziell gegenüber den Herbstfrösten. Die jungen Blätter von *Carpinus betulus* erfroren nicht nach tagelang währenden Frostperioden, die älteren hatten gelitten und vertrockneten schließlich am Zweige.

Das Verhalten der Laubblätter bei akuter Frostwirkung.

Während des Frostes sind Änderungen an den Chlorophyllkörnern insofern bemerkbar, als sie sich in den saftärmer gewordenen Zellen meist klumpig zusammenballen. Eine chemische Veränderung des Chlorophyllfarbstoffes durch den Frost allein wird, soweit Angaben über gefrorene Chlorophyllösungen vorliegen, von der Mehrzahl der Forscher nicht angenommen. Bei einer Temperatur von — 30°, der eine Chlorophyllösung in Olivenöl ausgesetzt wurde, fand Wiesner[2]) keinen Unterschied von einer frischen Lösung; dagegen gibt Kunisch[3]) an, daß der alkoholische Chlorophyllauszug von bei — 7° gefrorenen Hyazinthenblättern sich abweichend von dem der nicht gefrorenen Blätter gezeigt habe. Manchmal sieht man beim Gefrieren der Blätter stumpfweißliche Flecke auftreten, die von Eisdrusen herrühren können, welche in die Interzellularräume ausschießen. Bei starken Frösten werden die gänzlich durchfrorenen Blätter glasartig spröde und durchscheinend. Bei dem Auftauen derartiger Blätter hängt die Farbenänderung davon ab, ob das Protoplasma der

[1]) Dingler, Hermann, Versuche und Gedanken zum herbstlichen Laubfall. Ber. d. D. Bot. Ges. 1905, S. 463. — Vgl. auch desselben Versuche über die Periodizität einiger Holzgewächse in den Tropen. Sitzungsber. K. Bayr. Akad. Wiss. 1911, S. 127 (auch Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei, 4. Aufl., S. 200, und Volkens, G., Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin (Bornträger) 1912.

[2]) Wiesner, Die natürlichen Erscheinungen zum Schutze des Chlorophylls usw. Festschrift der k. k. zoolog.-bot. Ges. zu Wien 1876, S. 23.

[3]) Kunisch, H., Über die tödliche Wirkung niederer Temperaturen auf die Pflanzen. Inauguraldissertation. Breslau 1880.

Zellen getötet ist oder nicht. Im ersteren Falle ist es für die Säuren in der Zelle durchlässig, und diese dringen an die Chlorophyllkörner, deren Zersetzung sie einleiten (Chlorophyllanbildung); das Plasma bräunt sich; der Zellsaft tritt schnell nach außen, das Blatt trocknet zu einer spröden, braunen Masse zusammen. Göppert[1]), der die verschiedenen Färbungen der Laubblätter beschreibt, erwähnt auch noch einen überaus starken Krautgeruch bei erfrorenen Pflanzen, und bei Farnkräutern erhält sich der der ganzen Familie eigentümliche Geruch in den erfrorenen und getrockneten Exemplaren in ungewöhnlicher Intensität. Bei künstlich erfrorenen Süßkirschenzweigen fand Sorauer ausgesprochenen Bittermandelgeruch. Es sind dies Folgeerscheinungen des Chemismus, der sich bei dem Auftauen sofort energisch geltend macht. Eine andere Wirkung hat Flückiger[2]) an erfrorenen Kirschlorbeerblättern beobachtet. Dieselben gaben bei der Destillation ein von dem der frischen abweichendes Öl und keine Blausäure, während mit Eis bedeckte, aber nicht erfrorene Blätter beide Substanzen im normalen Zustande lieferten.

Wichtig ist es, auf das Verhalten der Mineralstoffe in den durch Frost getöteten Blättern hinzuweisen, weil wir dadurch einen Einblick in die Stoffverluste erlangen, welche eine Laubzerstörung durch Frühjahrsfröste veranlaßt (vgl. auch die Zahlen beim frühzeitigen Vertrocknen; S. 248).

Schroeders[3]) Analysen von Rotbuchenlaub, das ein Maifrost getötet hatte, und das vier Wochen später im vertrockneten Zustande der Untersuchung unterzogen wurde, ergaben folgendes: In dem erfrorenen Laube ist der ganze Stickstoffgehalt (3,56 %) der frischen Maiblätter vorhanden, während in den Herbstblättern nur etwa noch 1,33 % vorhanden sind, so daß also der Pflanze durch den Verlust des Mailaubes fast dreimal soviel Stickstoff verloren geht wie durch den herbstlichen Laubfall. Die Trockensubstanz ergab 3,01 % Asche. Von dieser Asche waren 22 % Phosphorsäure, also so viel wiederum wie in frischen Maiblättern, während die Juliblätter nur 5 % besaßen. Von Kali waren in den Maiblättern normal etwa 30 %, in den erfrorenen dagegen nur 5 % vorhanden. Kalk war natürlich im jungen Laube noch wenig (6,78 % im gesunden, 4,70 % im erfrorenen Laube) vorhanden, während die vegetierenden Juliblätter schon dreimal so viel (20,34 %) besaßen, die abgestorbenen Novemberblätter sogar 37,60 % aufwiesen.

Ramann[4]) zeigte, daß das von der Kälte getötete Blattwerk bei Eiche, Fichte und Tanne zunächst dieselbe Zusammensetzung besaß wie das frische Laub, sofern es noch vor einem Regen analysiert wurde, aber durch den Regen eine sehr wesentliche Veränderung erlitt; denn er fand, daß binnen 72 Stunden Wasser nicht weniger als 19,219 % der Gesamtasche der Rotbuchenblätter und bei der Eiche sogar 26,46 % auszog. Daß diese leichte Diffusibilität der Aschenbestandteile nicht etwa als eine Folge späterer Zersetzung angesehen werden darf, geht daraus hervor, daß die größten Mengen, nämlich bei der Buche 15,42 %, bei der Eiche 19,66 %,

---

[1]) Göppert, Über Einwirkung des Frostes auf die Gewächse. Sitzungsb. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur, 14. Dez. 1874; vgl. Bot. Z. 1875, S. 609.

[2]) The effect of intense cold on cherry-laurel.; Pharm. Journ. Transact. 1880, S. 749; vgl. Bot. Zentralbl. 1880, S. 887.

[3]) Schroeder, Untersuchung erfrorenen Buchenlaubes. Forstchemische u. pflanzenphysiologische Untersuchungen, Heft I, 1878, Dresden, S. 87.

[4]) Ramann, Aschenanalysen erfrorener Blätter und Triebe. Bot. Zentralbl. 1880, S. 1274.

schon in den ersten 24 Stunden ausgelaugt worden waren. Diese letzteren Mengen ergaben an Reinasche für die Buche 11,15 %, für die Eiche 14,18 % des Auszuges.

Wie sehr der Laubverlust den Achsenkörper schädigt, ergibt sich aus einer anderen Arbeit von Schroeder[1]) über „Die Wanderung des Stickstoffs und der Mineralbestandteile während der ersten Entwicklung der Triebe in der Frühjahrsperiode". Die Erschöpfung der Achse durch die Produktion der jungen Triebe ist am weitestgehenden bei der Phosphorsäure, nämlich 46 %; dann folgt Kali, das zu 32 % auswandert; Stickstoff und Magnesia gehen etwa zu 26 % aus der Achse heraus. Dafür treten bis zu Ende dieser Periode 12 % Kalk und 84 % der Anfangsmenge an Kieselsäure hinzu. Von der Gesamtmenge des in die jungen Triebe einwandernden Stickstoffs, Kalis und der Phosphorsäure stammt etwa $^1/_5$ aus der oberirdischen Achse, $^4/_5$ aus der Wurzel und dem Boden. Diese Verhältnisse sprechen dafür, daß der Wurzelkörper in noch höherem Grade als die oberirdischen Achsenorgane von seinem aufgespeicherten Vorrat an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali abgibt.

Zum anatomischen Studium der Frostwirkungen an den Blättern wurde von Sorauer ein dreijähriges Topfexemplar von *Aesculus hippocastanum* im Februar in ein Warmhaus gestellt. Es entwickelte sich sehr kräftig bis Mitte März, so daß der Terminaltrieb bei 14 cm Länge sechs Blätter zur Entwicklung brachte. Die größte Blattfieder der beiden jünsten Blätter besaß eine Länge von 2,5 cm und bei den unteren, älteren von 5 cm bei 9 cm Blattstiellänge.

Die Pflanze kam am 14. März ins Freie. In der folgenden Nacht sank die Temperatur auf — 2,5° C, und am nächsten Morgen bemerkte man an vier der ältesten Blätter ein scharfes Einknicken der Blattstiele etwa in ihrer Mitte oder etwas unterhalb derselben. Die Knickstelle war flach zusammengedrückt und begann alsbald schlaff zu werden. Die Spitzen der Teilblättchen, die sonst kein welkes Aussehen hatten, waren an den geknickten Blättern schlaff und fingen an, sich braun zu verfärben.

Da ein solches Knicken der Blattstiele bisher nicht beobachtet worden war, wurde dieselbe Pflanze in der Nacht vom 21.—22. März wiederum ins Freie gestellt. Die Temperatur sank bis — 7° C, und am nächsten Morgen hingen die Fiederchen sämtlicher Blätter im scharfen Winkel abwärts. Die jüngsten Blättchen zeigten die Erscheinung im geringsten Grade. Selbst in noch gefrorenem Zustande erschien kein Teil der jungen Triebe spröde oder von glasiger Beschaffenheit, so daß kaum auf eine Bildung von Eiskrusten im Gewebe geschlossen werden konnte. Die Blättchen waren weich und schlaff und von graugrüner Färbung, und die Blattstiele, solange die Pflanze im Freien stand, im starken Bogen nach abwärts gerichtet, aber noch nicht geknickt. Die Knickung trat erst nach einigen Stunden im Zimmer ein, und zwar, wie bei der zuerst beobachteten Beschädigung, wiederum etwa in der Mitte der ganzen Länge. Diese Stelle schrumpfte alsbald und bräunte sich. Gleichzeitig begannen sämtliche Teilblättchen mit Ausnahme der jüngsten, von ihrer Ansatzstelle aus sich zu schwärzen, wobei die Spitzen sich nach oben krümmten und trocken wurden.

Die Knickungsvorgänge müssen auf Hebelwirkung bei verminderter Turgeszenz zurückgeführt werden. Denn sobald man einzelne der bei der

[1]) a. a. O., S. 83.

schwachen Frostwirkung eingeknickten Blätter abschnitt und in Wasser stellte, verschwanden trotz der Knickstelle die Welkerscheinungen, und es trat eine große Straffheit der Gewebe ein. Zwar behielten die Teilblättchen ihre dem Jugendstadium eigene Abwärtsneigung, aber ihre Interkostalfelder wölbten sich stark zwischen den Rippen hervor, und ihre Seitenränder begannen sich nach unten zu richten.

Das Welken und Umknicken erklärte sich durch die inneren Zerklüftungserscheinungen im Markkörper des Blattstieles. Bei der Kastanie hat der Blattstiel insofern eine der Achse ähnliche Struktur, als er einen geschlossenen Gefäßbündelkreis besitzt, der die breite, farblose Markscheibe vollständig gleichmäßig umgibt und in einer der Markkrone ähnlichen Abstufung in dieselbe übergeht. Schon nach der schwächsten Frostwirkung bemerkte man an den Blattstielen, die noch nicht eingeknickt waren, aber durch Erschlaffung der entsprechenden Stelle als zur Einknickung vorbereitet sich erwiesen, daß dort der Markkörper Lücken meist in radialer Richtung besaß. Dasselbe zeigte sich an der Blattstielbasis. Dadurch, daß der hier im Zentrum der Markscheibe verlaufende, aus ein bis zwei Bündeln bestehende Gefäßkörper unberührt blieb und die Risse im Markparenchym allseitig radial verliefen, fand man bisweilen eine eigenartige, sternförmige Zerklüftungsfigur. Bei den Blättern, welche erst nach der zweiten, stärkeren Frostwirkung eingeknickt waren, erschien die Zerklüftung der Markscheibe bisweilen so stark, daß der zentrale Gefäßbündelstrang nur noch durch einen schmalen Parenchymstreifen mit den peripherischen Gefäßbündeln zusammenhing und die ganze übrige Markscheibe sich losgelöst hatte. Die Lücken setzten sich nicht selten in oder zwischen den peripheren Gefäßbündeln fort und bildeten dann Zerklüftungen, welche bis zur Rinde reichten. Innerhalb derselben können sich tangentiale Abhebungen der zwei bis vier äußeren kollenchymatischen Zellagen vom zarten, inneren Gewebe hinzugesellen. Letzteres erwies sich chlorophyllreich und zeigte bisweilen sogar noch geformte Chlorophyllkörper. Ähnliche Störungen ließen sich auch in den Mittelrippen stärker geschädigter Teilblättchen nachweisen.

Hier wurden Bräunungserscheinungen zuerst an den Gefäßwandungen wahrgenommen, und dann traten sie in einzelnen Parenchymgruppen der Rinde auf.

Innere Verletzungen im Getreideblatt.

Die Getreidepflanzen erleiden, wie Sorauer nachwies, bei Barfrösten, auch wenn sie nicht aus dem Boden gezogen werden, innere Verletzungen, die bei anhaltend nasser Witterung bequeme Einfallspforten für parasitäre Pilze bilden. Außer den gewöhnlichen Schwärzepilzen finden wir den Schneeschimmel, den Roggenhalmbrecher, den Weizenhalmtöter u. a., welche die weitere Zerstörung der Pflanze übernehmen. Die für Pilzerkrankungen disponierenden Frostbeschädigungen bestehen außer in einer Bräunung der Gefäßbündel innerhalb des Bestockungsknotens namentlich in dem blasigen Abheben der Oberhaut an bestimmten Stellen des Getreideblattes (vgl. auch S. 547)[1]. Solche Abhebungen zeigen sich selbst an ganz jugendlichen, noch in der Knospenlage befindlichen Blättern,

[1] Mortensen, M. L., Kulde. Lyngby, 1911, S. 242—243, spricht sich dahin aus, daß die Gelbfleckigkeit auf den Blättern der Sommersaaten die allgemein auf Kälte zurückgeführt werden, im wesentlichen durch Stickstoff- und Kalimangel verursacht wird.

wie Abb. 145 uns vorführt. Wir finden, daß das junge Blatt an seinem äußeren Rande (*B*) derartig vom Frost beschädigt ist, daß die Zellen braunen, geballten Inhalt bekommen haben und zusammengesunken sind, also in kurzer Zeit absterben werden (*gs*). Dagegen erscheint der übrige, noch schneckenförmig eingerollte Blatteil (*A*) vollkommen frisch und fortentwicklungsfähig.

Das während der Knospenlage sich oberseits bogig vorwölbende Blatt besitzt außer den Hauptgefäßbündeln (*g*), über denen auf der Außenseite Hartbaststränge (*b*) angelegt sind, noch die erst in der mittleren, breiteren

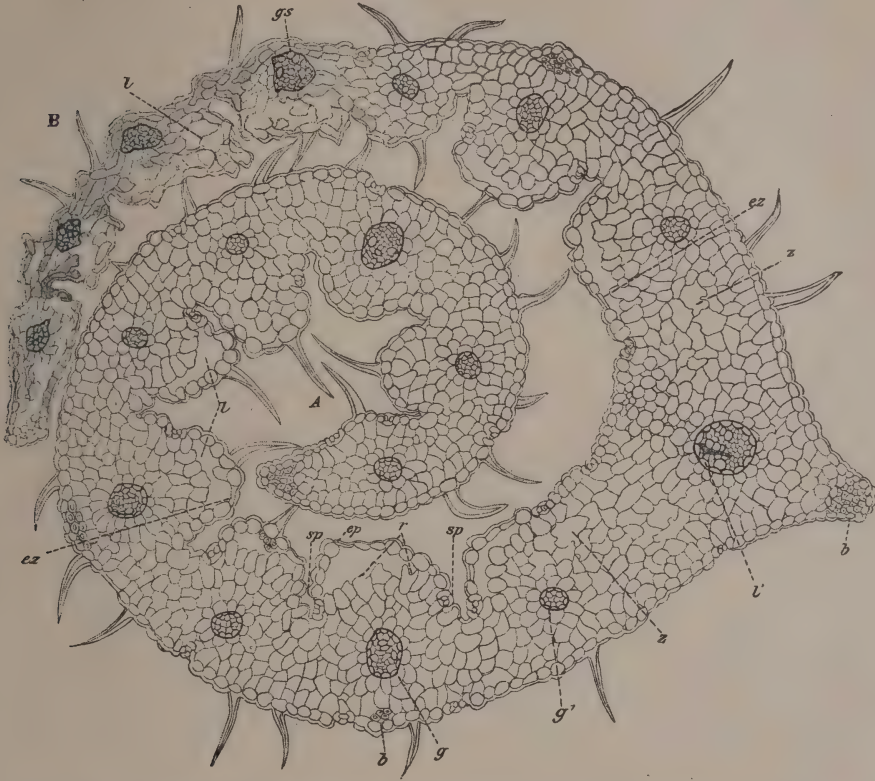


Abb. 145. Junges, frostbeschädigtes Roggenblatt mit Abhebungen der Epidermis. (Orig. Sorauer.)

Blattregion zur Ernährung des vermehrten Mesophylls sich abzweigenden schwächeren Bündel (*g'*). Von den durch Frost hervorgerufenen Gewebeveränderungen ist hervorzuheben, daß sich radial gestreckte (*r*) zum Teil unregelmäßig gezerrte (*z*), vergrößerte Zellen mit stark verbogener Wandung nach dem Auftauen bemerkbar machen. Dieser Befund beweist, daß sich abnorme Spannungsverhältnisse entwickelt haben müssen. Diesen ist auch die am meisten augenfällige Erscheinung der Entstehung regelmäßig gestellter Lücken (*l*) zuzuschreiben. Die Lücken entstehen durch die blasige Abhebung der Epidermis vom eigentlichen Blattfleisch meist auf der Oberseite zwischen den Spaltöffnungsreihen (*sp*). Die Blattunter- oder Außenseite zeigt nur spärliche Lücken von geringer Ausdehnung. Für

das Zustandekommen der Lücken bieten die stellenweise bemerkbaren tangentialen Streckungen einzelner, dabei zusammenfallender Epidermiszellen (*ep* und *ez*) einen bedeutsamen Hinweis. Der Epidermisbogen ist länger geworden, als er vor der Frostwirkung gewesen ist, und diese Verlängerung erfolgte durch die Zerrung einzelner Zellen. Außer diesen Blattabhebungen ist eine bei *l'* angedeutete radiale Zerklüftung des Gefäßbündels ein sehr charakteristisches Merkmal für Frostbeschädigung; dieselbe wird im Achsenkörper besonders bedeutungsvoll.

Betreffs einer Unterscheidung der Lückenbildung durch Frostwirkung von den senilen Gewebezerreißungen geben wir in Abb. 146 den Querschnitt des ersten scheidenförmigen Blattes einer Roggenpflanze wieder, dessen Innengewebe im Laufe der normalen Entwicklung bei dem Ableben zerreißt; die dadurch entstehenden Lücken (*h*) sind stets tangential.

Zimmermann[1]) gab eine Beschreibung des Vorkommens derartiger Blattbeschädigungen durch den Frost, bei denen durch das Absterben und Vergilben der Spitzen der unteren Teile der Blattflächen ein Umknicken

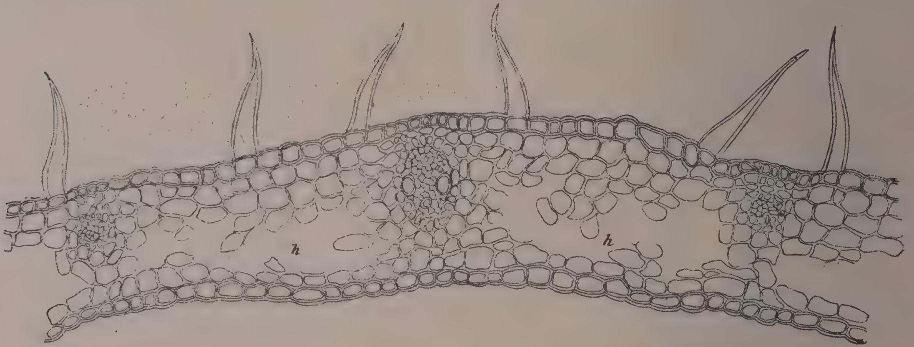


Abb. 146. Natürliche Lückenbildung im scheidenförmigen Roggenblatt bei zunehmendem Alter. (Orig. Sorauer.)

derselben erfolgte. Die unteren Blätter liegen dann oft ganz flach auf dem Boden. Der untere erhalten gebliebene Teil der Blätter bleibt bis zur Erkrankungsstelle grün, und daher werden solche erkrankten Pflanzen auch für verbissen gehalten.

Kutikularsprengungen.

Bei Versuchen mit Topfexemplaren von früh angetriebenen Eichen wurde die bisher unbekannte Tatsache festgestellt, daß an oberflächlich leicht gebräunten oder auch noch grünen, also sicherlich noch wenig irritierten Blättern unterseits eine vielfach unterbrochene, schwarze, äußerst zarte Saumlinie sich einstellt, die den Eindruck macht, als ob stellenweise feinste Rußteilchen sich angesetzt hätten. Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man nun, daß diese Saumlinie aus kleinen Abschülferungen der äußersten Kutikulardecke besteht, welche durch ihren körnigen Zerfall die Luft festhält und dadurch schwarz erscheint. Wurde das Blatt durch Schwefelsäure zerstört, wobei es sich wurmförmig krümmte und die Epi-

[1]) Zimmermann, H., Partielle Frostbeschädigung des Wintergetreides als Ursache der Verwechslung mit Wildverbiß. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXIII (1913), S. 332—334.

dermis der Oberseite sich stellenweise blasig abhob, dann blieben die körnigen Häufchen zurück.

Es stimmt dieser Befund mit Wahrnehmungen überein, die Sorauer bei der Buche nach natürlichen Spätfrösten beobachtet hatte und auch bei Eichen im Freien nachweisen konnte. Zum Zustandekommen derartiger kaum merkbarer Kutikularsprengungen müssen übrigens noch besondere Umstände mitwirken, die hier im Versuch zufällig vorhanden gewesen, aber bei anderen Versuchen und in der freien Natur nicht immer wirksam zu sein scheinen. Denn an manchen Lokalitäten konnte man bald nach Spätfrösten solche verletzte Eichenblätter finden, in anderen aber nicht. Sicherlich gehört ein bestimmter Turgeszenzzustand des Blattes dazu, und dieser wird wieder von der jedesmaligen Beschaffenheit des Zellinhaltes abhängig sein. Nach feuchten sonnigen Tagen scheinen sie regelmäßig aufzutreten.

Einen Begriff von den feinen Unterschieden, welche bei Frostbeschädigungen ausschlaggebend sind, erhält man schon durch die Beobachtung, daß mitten in dem sonst wenig oder nicht erkennbar beschädigten Mesophyll eines Blattes sich bisweilen frostverletzte, absterbende Gewebeinseln vorfinden. Daß im Versuch nur auf der Unterseite der Blätter diese Kutikularbrüche aufgetreten, ist vielleicht auf eine abweichende Beschaffenheit gegenüber der oberseitigen Kutikulardecke zurückzuführen; denn man sah bei Einwirkung von Schwefelsäure die obere Decke sich leuchtend zitronengelb färben, während dieser Farbenton bei der unterseitigen Kutikula kaum wahrnehmbar war.

Sorauer möchte der Tatsache, daß durch leichten Frost unter Umständen Sprengungen der Kutikularglasur entstehen können, einen besonderen Wert zuweisen. Bei anderweitigen Brüchen der Kutikula (an Kernobstfrüchten) sah er in der Bruchfurche mitunter Pilzsporen liegen, und es dürfte daher sehr nahe liegen, anzunehmen, daß solche Pilzsporen Gelegenheit haben, zu keimen und ihre Keimschläuche in das Organ einzusenken. Auf diese Weise würde sich also erklären, weswegen gänzlich gesund aussehende Blätter und Früchte nach leichten Frühjahrsfrösten später einer Pilzinfektion anheimfallen. Hierher zu ziehen wären Mitteilungen von Voglino[1]), der 1903 nach Aprilfrösten gerade an den frostbeschädigten Pflanzen die pilzlichen Parasiten in besonders starker Ausdehnung auftreten sah.

Vergleiche unten die Erscheinung der sogenannten Rostzeichnungen auf unserem Obste.

Frostblasen.

Von geringer wirtschaftlicher Bedeutung, wohl aber wissenschaftlich beachtenswert in Rücksicht auf das Zustandekommen mechanischer Gewebestörungen im Innern lebend bleibender Organe sind die Frostblasen; Hoffmann bezeichnete mit diesem Ausdruck die von ihm bei *Ceratonia*, *Laurus* und *Camphora* beobachtete Erscheinung. Diese äußert sich im Auftreten von meist kleinen, blasigen Abhebungen der Epidermis und bisweilen auch der subepidermalen Schichten von dem zartwandigen Parenchym des Blattfleisches oder dem derberen der Blattrippen. An Stelle einer weitläufigen Beschreibung geben wir in Abb. 147 die Abbildung[2])

[1]) Voglino, P., L'azione del freddo sulle piante coltivate, specialmente in relazione col parassitismo dei funghi. Atti Accad. di Torino XLVI.

[2]) Sorauer, P., Frostblasen an Blättern. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 44.

des Querschnittes einer Frostblase am Apfelblatt. *O* zeigt die Oberseite, *U* die Unterseite an. *M* ist die Mittelrippe, *s* eine stärkere Seitenrippe.

In der Rippe bildet der halbmondförmige Holzkörper mit seinen zahlreichen Gefäßen (*g*) den Hauptbestandteil. Oberseits grenzt dann eine chlorophyllose, dem Markkörper der Achse entsprechende, dünnwandige Parenchymschicht (*m*) an, welche von derbwandigen, kollenchymatischen Zellen (*c*) gedeckt wird; diese sind um so reichlicher entwickelt, je stärker die Rippe ist. Das Kollenchym tritt als feste Leiste über den nur aus Blattfleisch bestehenden Teil der Blattfläche etwas hervor. Das Blattfleisch zeigt die gewöhnliche Gliederung in Palisaden- (*p*) und Schwammparenchym (*s p*). Von diesen chlorophyllführenden Schichten reicht das Palisadenparenchym nicht über das Gefäßbündel oberseits hinweg, sondern keilt sich beiderseits aus, so daß es in kurzer, einschichtig werdender Zellage (*br*) zwischen dem Kollenchym und Parenchym des Rippenkörpers ausmündet. Das Schwammparenchym dagegen läuft auf der Unterseite über dem

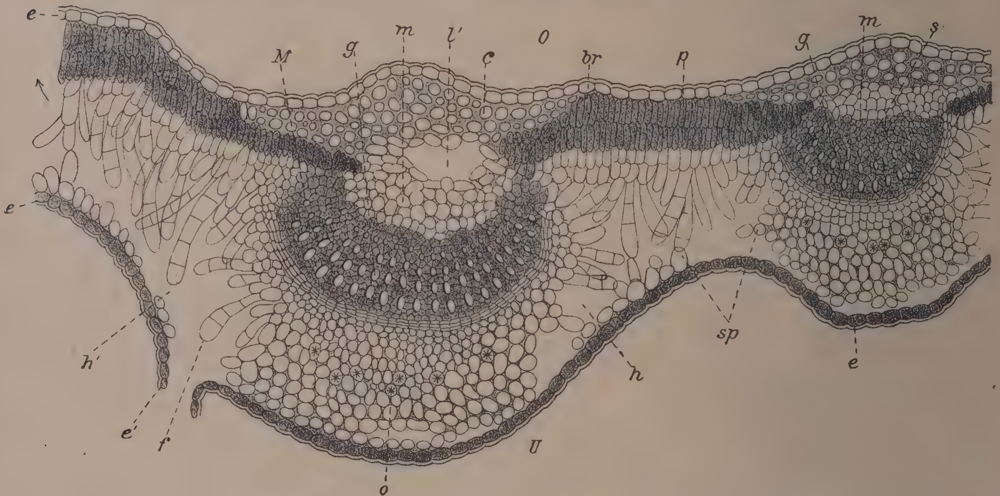


Abb. 147. Querschnitt durch eine Frostblase am Apfelblatt. (Orig. Sorauer.)

Gefäßbündelkörper fort und bildet den Rindenteil der Rippe, in welchem, wie in der Zweigrinde, Oxalatkristalle (*o*) in halbmondförmiger Reihe zu finden sind. Die Epidermis (*e*) deckt zunächst gleichmäßig das ganze Blatt.

Die mechanischen Frostwirkungen zeigen sich hier in der für die Mehrzahl unserer Pflanzen typischen Form, indem auf der Blattoberseite über dem Gefäßbündel der stärkeren Rippen das kollenchymatische Gewebe sich vom parenchymatischen abhebt; dadurch wird eine Lücke (*l'*) gebildet. Auf der Blattunterseite hat sich an den Böschungen des stark hervortretenden Rippenkörpers das Schwammparenchym von dem Rindenkörper der Rippe abgelöst, so daß zu beiden Seiten derselben luftführende Hohlräume (*h*) entstehen. Wir erklären uns die Bildung der Hohlräume dadurch, daß das jugendliche noch hyponastische, mit den Rändern nach oben gehobene Blatt bei der Frostwirkung sowohl von oben nach unten als tangential sich zu beiden Seiten der Mittelrippe zusammenzieht. Wenn das muldenförmig nach oben gebogene Blatt sich zusammenzieht, muß die muldenförmige Krümmung stärker, d. h. die Spannung der Unterseite

größer werden. Dieselbe äußert sich in einer Zerrung nach den emporgehobenen Rändern hin (siehe die Pfeilrichtung links in der Abbildung). An den Böschungen der Rippen muß die Zerrung am stärksten sein und kann unter Umständen bis zum Zerreißen der Epidermis (*e'*) führen.

Wenn nun das Auftauen stattfindet, bleibt die Folge der Frostwirkung in einer Überverlängerung der gezerrt gewesenen Gewebe bestehen. Denn die Gewebe sind wohl dehnbar, aber nicht vollkommen elastisch; sie erreichen nicht wieder ihre frühere Größe und Lagerung. Namentlich die am meisten gespannt gewesene untere Epidermis ist länger geworden und übt nun den Druck auf das darunter liegende Schwammparenchym nicht mehr in derselben Stärke wie früher aus. Der Epidermisdruck ist gelockert, und das Schwammparenchym antwortet sofort auf diese Lockerung dadurch, daß es sich schlauchförmig streckt. Wenn die Epidermis zur Zeit der stärksten Spannung entzwei gerissen ist, bilden die überverlängerten Rißbänder (*e'*) eine kraterförmige Öffnung, nach welcher hin die fadenartig sich ausbildenden Schwammparenchymreihen (*f*) wachsen.

Weitere Untersuchungen über Frostblasen finden wir in einer Arbeit von F. Noack[1]), der zu dem Schlusse kommt, daß die Frostblasen dadurch entstehen, „daß sich aus den Zellen Wasser in die Interzellularräume ergießt und dort zu Eis erstarrt, sobald die Temperatur bis zu einem gewissen, für die einzelnen Pflanzenarten verschiedenen Grade unter den Gefrierpunkt sinkt". Das Anschießen der Eiskristalle sah Noack am stärksten an der Stelle, wo später die Ablösung der Epidermis sichtbar wurde. Eine kurz vorher erschienene Studie verdanken wir Solereder[2]), der bei Blättern von *Buxus* dasselbe haarartige Auswachsen der Mesophyllzellreihen beobachten konnte wie Sorauer bei Äpfeln, Kirschen, Aprikosen. Daß diese Überverlängerung der Zellen des Blattfleisches eine bei reichlicher Wasserzufuhr auftretende Folgeerscheinung ist, hat Solereder experimentell bewiesen, indem er die Blattunterseite entfernte und die Pflanzen in feuchtem Raume aufstellte. Er fand dabei auch die Entstehung von Kutikularwarzen an den Zellmembranen, ähnlich denen, die bei den Wollstreifen des Apfelkernhauses (S. 412, Abb. 105) abgebildet und auch bei Frostblasen der Kirschblätter beobachtet sind. Der Anfang der haarartigen Überverlängerung der Zellen zeigt sich in den Gefäßbündelscheiden, also an denselben Stellen, die sich bei der Korksucht der Kakteen (S. 450, Abb. 112) als die Ausgangspunkte der krankhaften Streckungsvorgänge erkennen ließen. — Daß die Vergrößerung der interzellular entstandenen Eiskristalle die Zerreißung der Gewebe hervorbringen kann, läßt sich leicht bei krautig weichen Pflanzen (z. B. bei *Myosotis silvatica*-Formen) nach plötzlichen Frostnächten im Frühjahr zeigen. Die Eisnadeln erreichen oft bis über 10 cm Länge.

Kammartige Zerschlitzung der Blätter.

In einzelnen Jahren mit Spätfrösten ist die Erscheinung nicht selten zu finden, daß die sonst zusammenhängenden Flächen von Baumblättern mannigfach zerschlitzt erscheinen und damit denjenigen Formen sich nähern, die als solche mit „*foliis laciniatis*" bezeichnet werden.

---

[1]) Noack, Fr., Über Frostblasen und ihre Entstehung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 29.

[2]) Solereder, H., Über Frostblasen und Frostflecken an Blättern. Zentralbl. f. Bakt., 2. Abt., Bd. XII (1904), Nr. 6/8.

Am häufigsten tritt diese Erscheinung bei *Aesculus hippocastanum* auf. Die in Abb. 148 dargestellte Erscheinung ist auf die unteren, also zuerst aus der Knospe hervorgetretenen Blätter eines jeden Triebes beschränkt. An demselben Teilblättchen finden sich meist Übergänge von den tiefen, zur Mittelrippe reichenden Einschnitten (*c*) bis zur normalen ungeteilten Blattfläche (*f*). An derartigen Übergangsstellen bemerkt man, daß genau in der Mittellinie eines jeden, zwischen zwei parallelen Seiten-



Abb. 148. In der Knospenlage durch Frost beschädigtes und bei der Streckung kammartig zerrissenes Blatt der Roßkastanie. (Orig. Sorauer.[1])

rippen ausgespannten Interkostalfeldes sich ein hellerer, durchscheinender Streifen vorfindet, an welchem stellenweise das Gewebe eingebrochen ist (*g*). Die Randzone einer solchen Einbruchsstelle zeigt ebenso wie der Saum der einzelnen fiederigen Schlitzzipfel vielfach eine etwas gelbliche, härtere, manchmal eine wenig schwielig hervortretende Linie. Dieser schwielige

---

[1]) Sorauer, P., Kammartige Kastanienblätter. Z. f. Pflanzenkrankh. 1903, S. 214. — Laubert, R., Über gefiederte Roßkastanienblätter. Gartenflora LXII (1913), Heft 14, 15.

Saum besteht aus tafelförmigen Korkzellen, denen nach außen hin nicht selten Fetzen von abgestorbenen Mesophyllzellen anhaften.

In den vorerwähnten durchscheinenden Linien, die erst stellenweise eingebrochen waren, findet man am unverletzten Teile das Mesophyll abgestorben. Zellinhalt ist noch reichlich vorhanden, aber braun und zusammengeballt. Die Gefäßbündel zeigen die bekannten Frostbräunungen. Daß gerade stets die Mittellinie der Interkostalfelder vom Frost beschädigt worden ist, erklärt sich durch die eigenartige Faltung der Blattflächen in der Knospenlage.

Dieselbe Erscheinung findet sich noch bei *Acer pseudoplatanus*[1]) und einzelnen derbblätterigen anderen Ahornarten, bei letzteren jedoch nur in Form unregelmäßiger Durchlöcherungen. Laubert[2]) beobachtete fiederige Zerschlitzung bei Blättern von Birke und Weißbuche. Thomas[3]) deutet die Schlitzblätterigkeit hauptsächlich als eine Folge der Windwirkung. Es ist seit A. Braun und Caspary hinlänglich bekannt, daß Kastanienblätter durch gegenseitige Reibung der Blattflächen durchlöchert und stellenweise zerschlitzt werden können. Sorauer hat die Anfänge der Schlitzblätterigkeit bei Bäumchen entstehen gesehen, welche bald nach der Frostwirkung ins Zimmer gebracht worden waren[4]).

b. Beschädigungen an Blüten und Früchten.

Veränderungen an Blütenorganen.

Bei der Einwirkung des Frostes treten bald die chemischen, bald die mechanischen Vorgänge in den Vordergrund. Bei den ersteren ist es schwierig, zu entscheiden, inwieweit dieselben sich schon während des Gefrierens einleiten oder erst bei dem Auftauen beginnen. So hat beispielsweise Göppert[5]) bei den Blüten von *Phajus* und *Calanthe* ein Blauwerden derselben beim Gefrieren beobachtet und diese Farbenänderung dadurch erklärt, daß durch die Frostwirkung eine Oxydation des in den sonst farblosen Zellen enthaltenen, namentlich um die Gefäßbündel herum reichlichen Indicans zu Indigo stattfinde. Prillieux[6]) gibt an, daß diese Veränderung erst bei dem Auftauen eintrete. In ähnlicher Weise schwankend sind auch anderweitige Angaben über das Verhalten der Blütenfarbstoffe, und man kann im allgemeinen nur sagen, daß der rote Farbstoff zu den widerstandsfähigsten gehört, ja nach Göppert[7]), der viele Beobachtungen über die durch Frost hervorgerufenen Farbenerscheinungen gesammelt hat, sich an Blättern und Blüten durch schwache Frostwirkungen noch steigern kann.

Am häufigsten und darum am bedeutsamsten sind die Froststörungen an den Blüten unserer Obstgehölze; es dürfte daher von Interesse sein, die

[1]) Für diese Art und auch *Aesculus* vgl. auch Bos, R., Institut voor Phytopathologie te Wageningen, 1907, Wageningen 1908.

[2]) Laubert, R., Regelwidrige Kastanienblätter. Gartenflora LII (1903), Oktober.

[3]) Thomas, Fr., Die meteorologischen Ursachen der Schlitzblätterigkeit von Aesculus Hippocastanum. Mitt. d. Thüring. Bot. Ver. XIX (1904)), S. 10.

[4]) Siehe Z. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 234, Anmerk.

[5]) Über Einwirkung des Frostes auf die Gewächse. Sitzungsber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1874, vgl. Bot. Zeit., 1875, S. 609.

[6]) Bot. Zeit. 1871, Nr. 24. — Bull. de la Soc. bot. de France 1872, S. 152.

[7]) Kuhnisch, H., Über die tödliche Wirkung niederer Temperaturen auf die Pflanzen. Inauguraldissertation, S. 29. Breslau 1880.

Frostwirkung genauer kennenzulernen. Da wir aber bei den natürlichen Frühjahrsfrösten nicht feststellen können, welches die ersten Frostwirkungen und welches nachträgliche Veränderungen sind, hat Sorauer künstliche Fröste auf Apfelblüten einwirken lassen.

Nachdem ein blühender Apfelzweig während zwei Stunden einer Temperatur von — 4° C ausgesetzt worden war, ergab die sofort nach dem Abheben des Gefrierzylinders vorgenommene Untersuchung, daß die sämtlichen Blumenblätter wie einzelne Stellen der Laubblätter eine glasige Beschaffenheit angenommen hatten.

Bereits nach wenigen Minuten (die Lufttemperatur betrug + 11° C) begann ein Erschlaffen und Braunwerden der glasig gewesenen Teile. Die Braunfärbung der Blattorgane ist also nicht direkte Wirkung der Kälte, sondern eine erst bei dem Auftauen sich geltend machende Erscheinung. Die in ihrer natürlichen Färbung unterseits rötlich angehauchten Blumenblätter wurden braunadrig und fleckig. Der Rand fing alsbald an zusammenzusinken und zu vertrocknen. Der Querschnitt zeigte, daß die Verfärbung weniger auf einer Bräunung der Zellwandungen als des Zellinhaltes beruhte,



Abb. 149. Durch künstlichen Frost beschädigtes Blumenblatt eines Apfels. (Orig. Sorauer.)

indem dieser rotgelbe bis braungelbe, zusammenhängende, meist in der Längsrichtung der Zellen sich lagernde Massen ausscheidet, die an Karotin erinnern. Die einzelnen Zellschichten des Blumenblattes zeigten ein verschiedenes Verhalten. Die ausgeschiedenen gelben Massen waren namentlich reichlich unterhalb der farblos und in ihrer natürlichen Höhe verbliebenen Epidermis zu finden. Außerdem zeigten die Parenchymzellen, welche die Gefäßbündel der feinen Nerven begleiten, diese Ausscheidungen besonders ausgeprägt. Durch letzteren Umstand kam es, daß gerade die Aderung des feinen Blumenblattes dem bloßen Auge auffällig braun erschien. Bei dem schnell fortschreitenden Vertrocknungsprozeß sanken die Zellen des Mittelfleisches zusammen, während die Oberhautzellen in ihrer natürlichen Höhe verblieben.

Abb. 149 gibt ein Bild von einem Teile des Blumenblattes bald nach dem Herausnehmen aus dem Gefrierzylinder. Wir sehen das Blatt noch in seinen natürlichen Dimensionen mit den großen Interzellularräumen (*i*) zwischen den äußerst zartwandigen Blattfleischzellen und mit der unveränderten Epidermis (*e*). Die Verfärbung durch die gelbbraunen, zusammengezogenen Inhaltsmassen (*b*) ist am intensivsten in der Umgebung des

Gefäßbündels (*g*), und zwar besonders auf der Unterseite des Blumenblattes. Im Gefäßbündel sind die engen Spiralgefäße gebräunt.

In anderer Weise war der Bräunungsvorgang bei den Staubgefäßen verlaufen. Nach dem Herausnehmen aus dem Gefrierzylinder erhielten sie sich noch anscheinend unverändert, als die Blumenblätter schon zu welken anfingen. Erst später wurden die Staubfäden gelbbraun und die Staubbeutel bleichgelb. Der Querschnitt durch den Staubfaden zeigte, daß die Braunfärbung wesentlich durch die inhaltreiche Epidermis bedingt



Abb. 150. Querschnitt durch einen jungen frostbeschädigten Fruchtbecher des Apfels. (Orig. Sorauer.)

wurde. Zwar erschien in allen Geweben der Zellinhalt tropfig bis klumpig zusammengezogen und braun, aber die Substanzmenge in den inneren Zellen war so gering, daß die Färbung des gesamten Gewebes matter blieb. Die Spiralgefäße waren wie bei den Blumenblättern leicht braunwandig. Bei den Staubbeuteln hing die Verfärbung ebenfalls von der Menge des Zellinhaltes ab. Derselbe fand sich im Konnektiv am reichlichsten, und dieses erschien daher am tiefsten gebräunt, während die Staubbeutel selbst in ihrer Epidermis und den darunter liegenden palisadenartig geordneten Faserzellen nur äußerst spärlich feste Inhaltsmassen aufwiesen und daher

nahezu farblos erschienen. Die Reste des Grundgewebes in der Nähe des Konnektivs waren etwas dunkler.

Die schwersten Beschädigungen zeigten die Griffel, die schon bei dem Verlassen des Gefrierzylinders tiefbraun und verbogen aussahen. Ein Zusammensinken des Gewebes war zunächst nirgends bemerkbar. Die Narbenpapillen erschienen straff und mit gebräuntem, plasmatischem Inhalt angefüllt. Sie hielten auch noch, wie im frischen Zustande, die etwas gequollenen und daher verschieden gestalteten, mit trübem, gleichmäßigem Inhalt erfüllten Pollenkörner fest. Am Griffel waren wie bei den Staubfäden die peripherischen Schichten am inhaltreichsten und daher in Inhalt und Wandung am tiefsten braun gefärbt.

Von mechanischen Störungen bemerkte man hier und da im Griffel wie im Staubfadengewebe tangentiale Lücken, die teils durch Auseinanderweichen, teils aber auch durch Zerreißung von Zellen entstanden waren. Nach dem behaarten Griffelfuß hin, dessen inhaltarme Haare eine Bräunung der Wandung erkennen ließen, nahm die Zahl und Größe der Gewebelücken zu. Hier erweitert sich das Gewebe des Griffelfußes bereits zu fünf auseinanderweichenden, mit ihrer Spitze nach dem Zentrum gerichteten, stumpf kegelförmigen, parenchymatischen Gruppen als Übergangsstelle in die fünf Fruchtblätter. Jedes derselben läßt eine epidermale Umkleidung und ein parenchymatisches Innenfleisch unterscheiden. In dem Abb. 150 dargestellten Querschnitt eines Apfelfruchtbechers sehen wir das zukünftige Apfelfruchtfleisch von zahlreichen, regelmäßig gestellten Gefäßbündeln (*g*) durchzogen. Der mit einer festen Epidermis (*e*) umkleidete Fruchtbecher setzt sich nach innen in fünf ankerförmige Äste (*a*) fort. Es sind dies die fünf Fruchtblätter, zu welchen sich die Griffel erweitern; an ihren umgeschlagenen Rändern, die im Querschnitt wie Ankerarme erscheinen (*r*), bilden sich im unteren Teil des Fruchtbechers die Samenknospen, die ihre Ernährung durch die Gefäßbündel (*ge*) finden. Die Samenfächer (*sf*) und der Hohlraum (*h*), der in der Mitte durch die nicht verwachsenden Fruchtblattränder frei gelassen wird, finden sich mit regelrechter Epidermis ausgekleidet (*e'*). Die Zellen der Epidermis erweisen sich sowohl an der Achsenseite (*br*) als auch innerhalb des Fruchtbechers am inhaltreichsten und daher am tiefsten gebräunt, während die zentrale, zunächst noch meristematische Partie jedes Fruchtblattes nur schwach verfärbt ist.

Eine Zerklüftung des Gewebes, die sich im Auftreten tangentialer Lücken (*l*) durch Trennung der kollenchymatischen Schichten (*c*) vom inneren Fruchtfleisch (*m*) kundgibt, ist in der Übergangszone vom Griffel zum Fruchtknoten schon bei schwachen Vergrößerungen bemerkbar. Es ist hervorzuheben, daß dabei tatsächlich auch, wie in den Staubgefäßen ein Zerreißen von Zellen (*z*) stattfindet, während bei derberen Geweben nur das gewöhnliche Auseinanderweichen der Zellagen vor sich geht.

Wie sehr von der Beschaffenheit des Zellsaftes die Frostempfindlichkeit abhängt, mag die Abbildung einer jungen, von scharfem Frost getroffenen Apfelblüte zeigen (Abb. 151). Die daselbst einseitig ausgeführten Schattierungen und sonstigen Bezeichnungen gelten selbstverständlich für beide Hälften. Alle schraffierten Stellen bezeichnen Gewebe mit bereits deutlich luftführenden Interzellularräumen; bei *r* ist durch die Glyzerinreaktion Zucker nachweisbar; die Kreuze bezeichnen die Gegenden mit bereits so weit fortgeschrittenem Stoffwechsel, daß reichlich oxalsaurer Kalk abgelagert wird. Die Ringe *f* sollen die einzelnen frostgebräunten

Zellen andeuten; alle jüngeren, plasmareicheren Innenteile sind gesund geblieben; die dunkle Linie ist ein Gefäßbündelstrang.

Es ist eine den Gärtnern sehr bekannte Erscheinung, daß bei Spätfrösten im Frühjahr häufig die ganze Blüte des Obstes oder der Erdbeeren scheinbar ohne Schaden geblieben ist, die genaue Untersuchung zeigt aber, daß der oder die Fruchtknoten erfroren sind, das „Herz" der Blüte ist geschwärzt[1]).

Daß durch das Erfrieren der Griffel und die damit unmöglich gemachte Befruchtung kernlose Früchte entstehen können, ist bereits S. 312ff. erwähnt worden. Ewert[2]) hat die Frage des Einflusses des Griffelverlustes durch Frost eingehend untersucht auf die Ausbildung und Größe der Früchte usw.

Der widerstandsfähigste Teil der Blüte ist der reife Pollen. Während man vor dem Aufspringen sehr oft die Staubbeutel erfroren findet, zeigte Ewert[3]) an zahlreichen Versuchen mit Äpfeln, Birnen, Pflaumen, Kirschen, *Crataegus*, daß der Pollen dieser Pflanzen unter Umständen bis unter — 10° aushalten kann, ohne die Fähigkeit zum Austreiben zu verlieren.

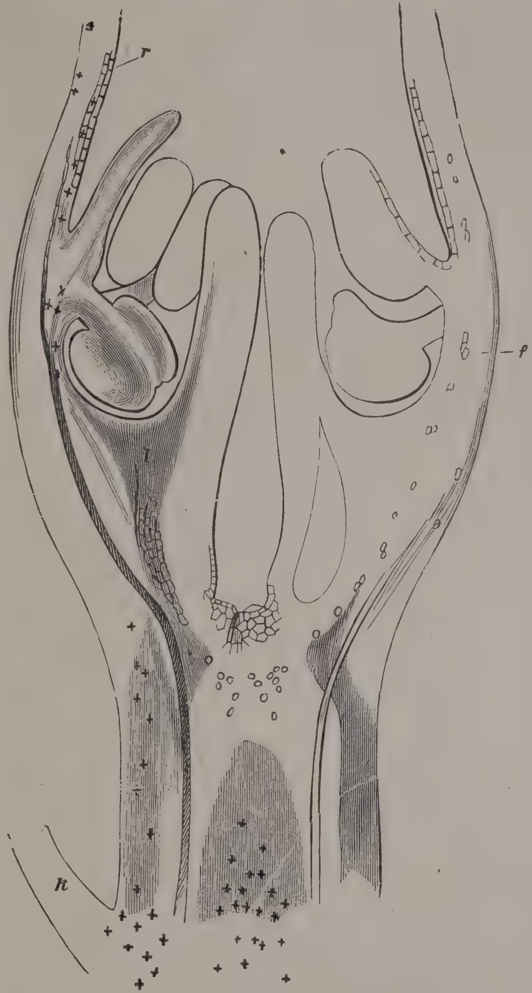


Abb. 151. Die in der Knospe durch Frost beschädigte Anlage einer Apfelblüte. (Orig. Sorauer.)

Die vielfach angenommene größere Widerstandsfähigkeit der Blüten einzelner Apfelsorten wird von Kellner-Wolkenstein[4]) bestritten. Er beobachtete jahrelang mehr als 100 Apfelsorten. Alle Blütenbestandteile aller Sorten seien gleichempfindlich. Die Widerstandsfähigkeit werde durch den Aufbau usw. der Blüte vorgetäuscht. Auch wir konnten beobachten, daß unter Blättern

---

[1]) Vgl. z. B. Laubert, R., Schäden durch Frühjahrsfröste. Gartenflora 1912, S. 266 bis 269. — Glossen zu den Schädigungen der Vegetation durch die diesjährigen Aprilfröste. Gartenwelt XVII, S. 278.

[2]) Ewert, R., Die Jungfernfrüchtigkeit als Schutz der Obstblüte gegen die Folgen von Frost und Insektenschäden. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 193ff.

[3]) Ewert, Die Widerstandsfähigkeit der einzelnen Organe der Obstblüte insonderheit des Blütenpollens gegen Frost. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XX (1910), S. 65—76.

[4]) Kellner-Wolkenstein, Die Widerstandsfähigkeit der Obstblüten. Der Obstzüchter 1919, S. 34.

geschützte Blüten oder Sorten mit zusammenneigenden Blumenblättern Früchte brachten, während die übrigen erfroren.

Domin[1]) beobachtete im Prager Botanischen Garten, daß *Primula elatior* infolge starker Fröste nach frühzeitigen (Februar) normalen Blüten kleinere Blüten mit um die Hälfte kürzerer Blumenkrone entwickelte, erst später kamen wieder normale Blüten. Bei *Potentilla silvestris* (*tormentilla*) und *P. avenaria*, die im Spätherbst oder Winter blühten, waren im Frühjahr die Blüten umgekehrt größer.

Die Rostzeichnungen an Früchten.

Als Folgen leichter Frostbeschädigungen an jungen Früchten treten (bei Äpfeln, Birnen, Pflaumen, Weinbeeren usw.) die sogenannten Rostringe auf. Man versteht darunter verschiedenartige, namentlich bei Kernobst meist in ringförmigen Zonen sich ausbreitende Korkbildungen der Fruchtschale. Bei manchen Sorten ist das Erscheinen korkfarbiger Zeichnungen ein ganz normaler Vorgang. Unsere Reinetten besitzen beispielsweise vielfach sternförmige, kleine Rostpunkte. Die sogenannten „gestrickten Reinetten" zeigen linienartige Korkzeichnungen auf der Fruchtoberhaut, und manchmal erlangen solche Korkbildungen auch eine flächenartige Ausdehnung, wie z. B. bei der französischen Reinette, Parkers grauem Pepping, bei der grauen Herbstbutterbirne, der Mispel usw. Krankhaft ist nur die in manchen Jahren (z. B. 1900) hochgradig gesteigerte Ausdehnung der Erscheinung auf viele sonst glatt bleibende Sorten und die Ausbreitung der Korkbildung über den größten Teil der Frucht[2]). Die Anfangsstadien zeigen sich in früher Jugend. Man bemerkt zunächst nach Eintritt sehr später Maifröste, daß einzelne Gruppen von Oberhautzellen braunen Inhalt bekommen und abzusterben beginnen. Unterhalb solcher Stellen bildet sich Tafelkork, wodurch die absterbende Epidermis etwas vorgewölbt wird. Stellenweise vertrocknen die Epidermiszellen und bleiben nebst den erstgebildeten Korkzellen als Schülfern auf der nunmehr stumpf lederfarbigen Fruchtoberfläche sitzen. Während des Schwellungsprozesses der jungen, grünen Frucht schreitet die Korkbildung rückwärts in das Fruchtfleisch hinein weiter fort, so daß größere Gruppen von parallelen Reihen senkrecht zur Oberfläche angeordneter Zellen entstehen. In einem speziellen, bei „Amanlis Butterbirne" beobachteten Falle zeigten diese reihenweise angeordneten Zellen dieselbe Ausdehnung wie die Oberhautzellen; sie erwiesen sich aber nur in ihren peripherischen Lagen wirklich verkorkt, während die hellen dicken Wandungen der tiefer liegenden Zellen Zellulosereaktion zeigten. Je stärker die Neubildung ist, desto mehr werden die über ihnen liegenden, absterbenden Zellagen zersprengt, und die Fruchtoberfläche wird schuppig-rauh. Naumann (a. a. O.) nimmt an, daß die Apfelzellen durch Regen besonders turgeszent wurden, ehe sie durch den Temperaturwechsel Risse bekamen.

Überall da, wo die verkorkten Stellen eine zusammenhängende Fläche bilden, wird der fortschreitende Schwellungsprozeß der Frucht behindert, und die Folge ist, daß die Frucht klaffende Sprünge bekommt. In diese

---

[1]) Domin, K., Vliv zimy na vyvoj kvetu u provsenky bledozlute. Casopis Musea kral. cesk. Prag XCI (1918), S. 375.

[2]) Vgl. auch Naumann, A., Eigenartige Frostschäden an Apfelfrüchten. Zeitschr. f. Obst- u. Gartenbau. Dresden Nr. 2.

wandert besonders gern die *Monilia* hinein und mumifiziert die Früchte (vgl. Bd. II).

Bei flaschenförmigen Birnen erscheint manchmal der die Kelchzipfel tragende, bauchige Teil der Frucht rostig-grauschuppig und die Stielhälfte glatt und grün. In anderen Fällen zeigt sich ein breites korkfarbiges Band in der Nähe der Kelchhöhle usw. Bisweilen ist mit diesem Einreißen der Wachsglasur und Absterben der Oberhautzellen eine Ausbildung des neu darunter entstandenen Gewebes zu Steinzellen verbunden, und diese treten später in kreisförmigen Herden an die Fruchtoberfläche, so daß die Zustände entstehen, die wir bei der „Lithiasis" (S. 284) beschrieben haben („Diels Butterbirne", „Gute Luise von Avranches"). Da solche Veränderungen sich meist einseitig zeigen, so bleibt die korkfarbige, steinzellige Fruchtseite vielfach im Wachstum zurück, und es entstehen Krüppelfrüchte.

Pole Evans, J. B.[1]), nimmt auch an, daß die Stippflecke der Äpfel (vgl. S. 413, 415) durch Temperaturwechsel verursacht werden können.

Über Frostschäden an älteren Früchten wird in der Schweizer. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau XXVIII (1919), S. 441ff.[2]) berichtet. Durch verspätete Reife und starke Novemberfröste wurde in der Schweiz 1919 viel Obst beschädigt. M. J. Blish[3]) untersuchte die Zusammensetzung des Mehles von vor der Reife erfrorenen Weizenkörnern und fand dieses stark verändert.

c. Erfrieren der Wurzeln.

Ausfrieren der Wintersaat.

Eine besonders den lockeren Bodenarten zukommende Schädigung der Vegetation besteht in dem leichten Erfrieren der Saaten, das der Landwirt (häufig in Verbindung mit dem Aufziehen; vgl. S. 524) als „Auswintern" bezeichnet. Außer den Getreidesaaten sind es vorzugsweise Raps und Klee, welche dem Auswintern ausgesetzt sind. Man findet auf schweren Bodenarten manchmal Kiesrücken oder Sandstellen, auf denen die Saat durch Frost gelitten hat, während rings umher im schweren Boden eine Schädigung nicht wahrzunehmen ist, mit Ausnahme der tiefen Löcher, in denen der lange zusammengeweht liegengebliebene, Krusten bildende Schnee ein Ausfaulen veranlaßt hat (S. 188).

Frostböden sind in erster Linie Sand- und Humusböden; doch sind Beschädigungen, welche die junge Vegetation schwerer, kräftiger Boden treffen, ebenfalls nicht selten. Die Vorgänge sind in den verschiedenen Bodenarten aber verschieden. Die Verschiedenheit liegt jedoch nicht, wie man vermuten sollte, vorzugsweise in der verschiedenen Wärmekapazität der Bodensubstanzen selbst begründet, sondern maßgebender ist der Gehalt an Wasser, das bekanntlich die größte Wärmekapazität besitzt. Setzt man das Wärmebindungsvermögen des Wassers gleich 1, so ist nach Langs[4])

---

[1]) Pole Evans, J. B., Bitter-pits of the Apple. Transvaal Departm. of Agric. Techn. Bull. I (1909).

[2]) Vgl. auch Laubert, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXX (1920), S. 257, dort auch stärker und schwächer beschädigte Sorten. — Frostschäden an Weizenfrüchten Blish, vgl. Zeitschr. Pflanzenkrkh. XXXIII, 25.

[3]) Blish, M. J., Effect of premature freezing on composition of Wheat. Journ. of agric. Research XIX. (1920) S. 181—188.

[4]) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, I, S. 109.

Zusammenstellung die Wärmekapazität für die gleiche Bodengewichtsmenge (nicht das gleiche Bodenvolumen) bei Humus (Torf) etwa 0,5. Die anderen Bodenbestandteile stehen weit zurück gegen den Humus und sind untereinander nicht sehr wesentlich verschieden. So beträgt die Wärmekapazität für Kaolin 0,233, für weißen Ton 0,241, für Marmorpulver 0,214, für Kalkspat von 0,204 bis 0,208, für kohlensauren Kalk 0,271, für Quarzsand 0,196, für Kiessand 0,190, für chemisch reinen Quarz 0,188—0,191 im Verhältnis zum Wasser. In der Praxis ist die durch ein bestimmtes Bodengewicht gebundene Wärmemenge weniger ausschlaggebend als die durch gleiche Volumina zurückgehaltenen Mengen. Nach dem Volumen berechnet, rangieren die Bodenkonstituanten natürlich anders; die Unterschiede gleichen sich noch mehr aus. Der Torf, bei dem dasselbe Gewicht bei seiner Lockerheit ein so großes Volumen einnimmt, büßt die oben angeführte große Wärmekapazität ein. Je lockerer ein Boden gemacht wird, je weniger also Substanz in einem bestimmten Volumen ist, desto weniger werden die einzelnen Mineralbestandteile die Wärmekapazität der Ackerfläche beeinflussen. Für lufttrockenen Boden tritt nach Liebenberg[1]) die Substanz der Mineralien, die diesen Boden zusammensetzen, ganz in den Hintergrund, da sie alle die gleiche Ausstrahlung besitzen sollen. L. erklärt sich diesen Befund durch die Annahme, daß alle lufttrockenen Erden mit einer hygroskopischen Wasserschicht umkleidet sind, und daß daher eigentlich diese Wasserhüllen die Wärme ausstrahlen.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, daß die absolute Fähigkeit des Bodens, größere oder geringere Quantitäten Wasser festzuhalten, für die Erwärmung und Abkühlung maßgebend ist. Sobald die Böden feucht sind, werden sie durch die hohe Wärmekapazität des Wassers langsam abkühlbar, und zwar um so langsamer, je dichter die Bodenpartikelchen gelagert sind. Ein instruktives Beispiel liefert Haberlandt[2]), der dieselbe Erde in teils lockerem, teils festgestampftem Zustande in je 1500 ccm fassende Zinkkästchen füllte, von denen eine Hälfte jeder Abteilung befeuchtet wurde. Die sämtlichen Zinkkästchen wurden in eine Kältemischung versenkt und $2^1/_4$ Stunden darin belassen. Die im Mittelpunkte jeder Erdprobe befindlichen Thermometerkugeln ergaben:

	Trockener Boden		Feuchte Probe	
	locker 1560 g	festgest. 1960 g	locker 1630 g	fest 2290 g
Anfangst.	+ 11,0° C	+ 12,5° C	+ 10,5° C	+ 14,0° C
nach $^1/_4$ Std.	+ 6,0° „	+ 8,5° „	+ 8,8° „	+ 8,0° „
„ $^3/_4$ „	— 1,0° „	— 2,0° „	+ 0,7° „	+ 0,9° „
„ $^5/_4$ „	— 6,3° „	— 9,0° „	— 2,9° „	— 0,9° „
„ $^7/_4$ „	— 10,3° „	— 13,8° „	— 3,3° „	— 1,0° „
„ $^9/_4$ „	— 12,0° „	— 16,6° „	— 3,4° „	— 1,0° „

In derselben Zeit war also bei derselben Erde eine Differenz von 15° in der Abkühlung lediglich durch den Wassergehalt hervorgerufen worden. Bei dem trockenen Boden erklärt sich die Differenz zwischen dem lockeren und festen Zustande durch die Leitung der Substanz, die bei dichterem

[1]) Gohren, Boden und Atmosphäre. Leipzig 1877, S. 101.

[2]) Haberlandt, F., Über das Auswintern des Getreides durch Frostwirkung und über den Einfluß der Bodenbeschaffenheit auf dasselbe. Wiener landw. Zeitung 1874, Nr. 14.

Gefüge schneller die Wärme abgab. Trotzdem ist der Erdboden ein schlechter Leiter, wie aus dem Vergleich der Temperatur in einem bei obigem Versuche beigefügten Zinkkästchen hervorgeht, das mit festgestampfter Baumwolle, die doch als schlechter Wärmeleiter bekannt, angefüllt war. Von einer Anfangstemperatur von + 17° C sank das Thermometer in neun Viertelstunden auf — 19,5° C.

In den trockenen Bodenarten erfrieren die Pflanzen also am leichtesten, und zwar, wenn es sich um Auswintern der Saat durch Eindringen hoher Kältegrade in den Boden handelt, wird der feste, besser leitende, trockene Boden noch gefährlicher als der lockere (vgl. auch S. 558, 560).

An die extremen Versuchsergebnisse seien einige tatsächliche Beobachtungen über die Schutzkraft, welche das Wasser dem Boden gegen das Eindringen der Kälte zu gewähren imstande ist, geknüpft. Hossfeldt[1]) beobachtete in der ersten Hälfte des Jahres 1882 die Temperatur der Luft, der Bodenoberfläche, in der Krume und in den tieferen Schichten bei einem Lehmboden und fand:

Monatsmittel im	2 m über der Bodenoberfläche	1 m über der Bodenoberfläche	an der Oberfläche Minmumthermometer	im Boden			
				1/3 m	2/3 m	1 m	2 m
Januar .	— 2,85° C	— 2,88° C	— 5,18° C	+ 0,43° C	+ 1,53° C	+ 2,49° C	+ 4,27° C
Febr. .	— 2,27° „	— 2,28° „	— 5,48° „	+ 0,12° „	+ 0,84° „	+ 1,75° „	+ 3,66° „
März . .	+ 1,43° „	+ 2,69° „	— 1,56° „	+ 4,80° „	+ 4,66° „	+ 4,35° „	+ 4,40° „
April . .	+ 7,13° „	+ 3,00° „	+ 0,10° „	+ 7,15° „	+ 6,61° „	+ 6,05° „	+ 5,55° „
Mai . .	+ 11,98° „	+ 6,70° „	+ 3,13° „	+ 10,96° „	+ 9,88° „	+ 8,93° „	+ 7,53° „
Juni . .	+ 14,00° „	+ 9,04° „	+ 7,66° „	+ 13,32° „	+ 12,52° „	+ 11,57° „	+ 9,48° „

Demnach ist in dem ganzen Halbjahr der Frost (in Kranischfeld) nicht bis 33 cm in den Boden gedrungen. Die Bodenwärme strömte unaufhörlich aus der Tiefe aufwärts bis zum 12. März, wo sämtliche Thermometer gleich standen, und von wo ab die Bodentemperatur wieder von der Sonnenwärme stieg. Der Grund, weswegen die Abkühlung der Bodenschichten so langsam erfolgte, ist darin zu suchen, daß der Boden bei seinem Reichtum an Wasser während des Gefrierens desselben immer wieder Wärme empfängt, die bisher im Wasser gebunden war und beim Gefrieren desselben frei wird.

Die Gefährlichkeit des Sandbodens liegt in seiner schnellen Abkühlung bei Nacht, infolgedessen das Wasser in ihm auch schneller gefriert. Wie sehr die Abkühlung durch Strahlung die Temperatur der Bodenoberfläche herabmindert, sehen wir an der vorstehenden Tabelle. Bei Sandboden ist eine derartige Temperaturerniedrigung um so gefährlicher, da die Vegetation durch die erhöhte Tagestemperatur sich schneller entwickelt. Daher die gerade hier manchmal auffälligen Beschädigungen durch Frühjahrsfröste.

Eine ausführlichere Schilderung einer Massenerkrankung des Roggens durch Erfrieren und Zerfrieren der Wurzeln infolge starker Temperatur-

[1]) Hossfeldt, Beobachtungen über die äußere Lufttemperatur in Vergleichung mit der Erdwärme im Lehmboden. Thüring. landw. Zeitg. 1882, Nr. 14, vgl. in Biedermanns Zentralbl. f. Agrik.-Chemie 1883, S. 562.

schwankungen im März gibt Zimmermann[1]). Früher berichteten bereits Remy und Schneider über die Beobachtungen, betreffend das Auswintern der Wintersaaten[2]).

Erfrieren von Gehölzwurzeln.

Jedem Gärtner ist die Notwendigkeit bekannt, Gehölze wärmerer Gebiete, die bei uns in strengen Wintern leicht erfrieren, zum Schutze mit einer Streudecke (kurzer Dünger, Stroh, Laub usw.) auf dem Boden über den Wurzeln zu versehen. Sie zeigen sich dann erfahrungsgemäß viel widerstandsfähiger gegen den Frost als ohne solche Decke.

Nach schneelosen Wintern finden sich deshalb nicht selten bei den verschiedenartigsten Gehölzen die Wurzeln von Laubhölzern erfroren, während die oberirdischen Achsenteile am Leben geblieben sind. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, daß nach den Untersuchungen von Arnold Engler die Laubhölzer, abweichend von den Nadelhölzern, während der Wintermonate ein gewisses Maximum des Wachstums, soweit dieses nicht durch die Kälte gehemmt ist, zeigen (vgl. S. 202); in den warmen Perioden wächst die Wurzel weiter; deshalb bevorzugen die Gärtner für die Pflanzung von Laubhölzern möglichst den Spätherbst. Weil die Wurzeln sich in dieser Zeit aber in keinem Zustande der Ruhe befinden, sind sie frostempfindlich (ähnlich wie die nicht ausgereiften Zweige der südlicheren Gehölze bei uns im Herbst), und jeder Gärtner weiß, daß er selbst bei gelinden Frösten von wenigen Graden unter Null aus dem Boden genommene Gehölze nicht ohne Wurzelbedeckung liegen lassen darf. Bei nur — 2° erfrieren die Wurzeln von Erlen und anderen heimischen Gehölzen, sie sind glasig und verjauchen.

Entsprechend dem Wachstum über den größten Teil des Jahres ist das Holz der Wurzeln der Laubhölzer im allgemeinen weicher, lockerer gebaut als das der oberirdischen Zweige, wie weiter unten näher ausgeführt wird.

Bei den Frostschutzmitteln am Schlusse dieses Kapitels wird das von vielen praktischen Gärtnern geübte Verfahren erwähnt werden, im Herbste empfindlichere Gehölze (besonders Nadelhölzer und andere immergrüne) nochmals vor Eintritt des Frostes kräftig zu wässern. Der Erfolg liegt in dem durch die Tabelle S. 558f. gezeigten langsamen Eindringen des Frostes in den feuchten Boden. Das gilt ohne Rücksicht auf den Nährstoff- und Wassergehalt des Bodens für alle Lagen. Daß der Grad der üppigen Entwicklung auch einen Einfluß auf die Frostempfindlichkeit ausüben wird, ist nicht in Abrede zu stellen; allein dieser Einfluß ändert sich nach den v. Mohlschen Untersuchungen[3]) in anderer Weise.

Ebert[4]) berichtet neuerdings über ein ungewöhnliches Nachlassen der Wuchsfreudigkeit und andere Schäden an Obstgehölzen im Jahre 1920, die er auf die Frosteinwirkungen auf die Wurzeln zurückführt.

---

[1]) Zimmermann, H., Eine Wurzelerkrankung des Roggens infolge Frostes. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVI (1916), S. 321—323, Taf. II.

[2]) Remy, Th., und Schneider, G., Beobachtungen über pflanzliche Winterschäden und die Mittel zu ihrer Verhütung. Deutsche landw. Presse, Sept. 1909. — Schneider, G., Winterschäden und Winterschutz der Wintersaaten. Landw. Zeitschr. f. d. Rheinprovinz, Sept. 1909.

[3]) v. Mohl, Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. Bot. Zeit. 1862, Nr. 29, 33, 34ff.

[4]) Ebert, W., Die Frostwirkungen der letzten Jahre in ihrem Einfluß auf die Entwicklung der Obstbäume. Gartenwelt XXIV (1920), S. 478—480.

Betreffs des Eintreffens der Frostwelle auf die Wurzeln wird eine Betrachtung des Ganges der Jahrestemperatur den nötigen Aufschluß geben. Vorausgeschickt sei dabei, daß die Messungen der Baumtemperatur die Abhängigkeit derselben innerhalb der Krone von den Wärmeschwankungen des Luftmeeres nachweisen, daß aber die Stammtemperatur, namentlich an der Basis und bei dickkorkigen Baumarten, sehr wesentlich von der Bodenwärme beeinflußt wird[1]), indem das durch die Verdunstung des Laubes notwendig nachsteigende Wasser die Temperatur der Bodenschichten mitbringt[2]). Einen sehr in die Augen springenden Beweis liefert R. Hartig[3]). Es wurde von zwei gleichen, von der Sonne beschienenen Bäumen der eine entästet, so daß der Verdunstungsstrom fast ganz zum Stillstand kam. Das Thermometer wies nun in dem beästet gelassenen Exemplar eine um 10° niedrigere Temperatur auf als in dem entästeten. Nach Entfernung der Äste bei diesem zweiten Exemplar stieg dessen Temperatur alsbald um 10°.

Da sich nun im Frühjahr das Luftmeer schnell erwärmt, unterstützt es sehr bald die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Zweige[4]) und erhält dieselben auf der Temperatur, bei der sie wachsen können. Je intensiver und länger anhaltend die Luftwärme, um so mehr geht das Erwachen des Kambiumringes und seine Produktion neuer Holz- und Rindenelemente von der Krone aus stammabwärts, bis es im April und Mai die Wurzeläste erreicht und dort nun endlich auch die Produktion eines neuen Holzringes einleitet. Die Zeit des Erwachens, die Dicke des neuen Holzringes und seine Ausbildung sind bei den einzelnen Baumarten und Varietäten verschieden. Ja, es zeigt sich auch oft eine individuelle Verschiedenheit insofern, als nicht alle Exemplare alljährlich imstande sind, so viel plastisches Material in der Baumkrone zu produzieren, daß dasselbe noch zur Ernährung des Kambiumanteils der Wurzel ausreicht. Es tritt dann der Fall ein, daß sich der Verdickungsring in einem solchen Mangeljahre von der Krone nur bis zur Stammbasis erstreckt und sich dann auskeilt, so daß die Wurzeln in diesem Jahre gar nicht dicker werden.

In derselben Weise, wie die Tätigkeit des Kambiumringes von oben nach unten fortschreitet, erlischt sie auch im Herbst. Da der Boden länger warm bleibt, hat auch die Wurzel noch Gelegenheit, ihr Wachstum fort-

[1]) Breitenlohner u. Boehm (Sitz. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien, 17. Mai 1877) fanden, daß die Temperatur der unteren Stammpartie ganz unter dem Einfluß der Bodenwärme steht; wenn aber die Transpiration aufgehoben ist, hängt de Baumtemperatur lediglich von der Lufttemperatur ab.

[2]) Ebermayer, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. I, Aschaffenburg 1873, S. 119—139. — Die Messungen zeigten, daß zwischen der Temperatur der Bäume (in Brusthöhe) und des Waldbodens kein wesentlicher Unterschied besteht. Mit zunehmender Bodentiefe und Baumhöhe aber werden die Unterschiede groß. Im allgemeinen ergibt sich, daß vom Oktober bis März die Waldbäume kälter sind als der Waldboden. „Die Wurzeln sind in dieser Periode die wärmsten Teile des Baumes; mit steigender Höhe nimmt die mittlere Baumtemperatur sukzessive ab und ist am tiefsten an den Ästen und Zweigen.“ „Im Sommerhalbjahr (vom April bis inkl. September) sind umgekehrt die Waldbäume wärmer als der Boden, d. h. die Temperatur der Bäume nimmt von oben nach unten ab und ist während des Tages am höchsten in den Zweigen und Ästen, am tiefsten in den Wurzeln.“ Die mittlere Jahrestemperatur der Bäume schwankt zwischen 3,9 und 6,7° je nach der Höhe des Standortes über dem Meeresspiegel: sie ist geringer als die mittlere Luft- und höher als die mittlere Bodentemperatur des Waldes.

[3]) Lehrbuch der Baumkrankheiten 1882, S. 177.

[4]) Vgl. Krutsch, Untersuchung über die Temperatur der Bäume usw. Jahrb. d. Kgl. Sächsischen Akad. zu Tharandt, X, 1854.

zusetzen, und somit wird die v. Mohlsche Beobachtung erklärlich, daß die Wurzeln im Dezember, Januar und Februar noch an der Verdickung der Zellwände ihres letztangelegten Jahresringes arbeiten.

v. Mohl fand in Übereinstimmung mit den später von Arn. Engler gegebenen Tatsachen im Winter 1861/62 an einem Süßkirschbaume die Bildung des Wurzelholzes am 4. April noch nicht beendigt. Dabei hatten sich die Zweigknospen bereits bis über 2 cm Länge entwickelt, und der neue Holzring an dem Mutterzweige hatte schon neue Gefäße so weit ausgebildet, daß ihre Tüpfelung erkennbar war. Die zwischen den Gefäßen liegenden Holzzellen waren noch dünnwandig und besaßen erst die Hälfte ihrer typischen Größe. An der Wurzel waren aber die äußersten Holzzellen des vorjährigen Jahresringes noch nicht einmal verdickt. Nachdem der Baum am 11. April bereits geblüht hatte, zeigte die Untersuchung zu dieser Zeit noch immer keinen vollständigen Abschluß des vorjährigen Jahresringes in der Wurzel, und erst am 26. April war für die Wurzeln die Ruhe eingetreten.

An den vorjährigen Zweigen war zu dieser Zeit der neue Jahresring bereits vollkommen verholzt und schon so dick, daß man in radialer Richtung sechs Gefäße hintereinander zählen konnte. Im untersten Teil des Stammes war dagegen erst eine einzige Reihe von Gefäßen ausgebildet, und es zeigten sich nur die innersten Holzzellen verdickt. In der Hauptwurzel war der vorjährige Jahresring fertig und das Kambium auch gleich zu neuer Tätigkeit vorbereitet, da die Rinde sich leicht vom Holzkörper trennen ließ; jedoch von einem neuen Holzringe war noch keine Spur zu sehen. In den Nebenwurzeln von der Dicke eines kleinen Fingers löste sich die Rinde noch nicht; hier war also vollkommene Winterruhe. Sie verharrten auch am 30. April noch in diesem Zustande, als die Blätter zum Teil bereits ausgewachsen waren und an der Hauptwurzel der neue Holzring durch junge, noch unverdickte Gefäße seine Ausbildung begann.

Betreffs der eine geringere Widerstandsfähigkeit bedingenden, anatomisch abweichenden Bauart der Wurzeln werden wir einen Einblick gewinnen, wenn wir uns erinnern, zu welcher Zeit die Jahresringe im Stamm gegenüber denen der Wurzel ausgebildet werden.

Bei der Stammproduktion wird der fertige Abschluß des Jahresringes um so früher in das Jahr fallen, je höher er in der Krone liegt, mithin wird dort seine Ausbildung überwiegend aus Frühjahrsholz bestehen. Ehe die Herstellung des Jahresringes bis zur Stammbasis fortschreitet, ist es schon Sommer geworden und daher nicht mehr viel Zeit zur Ausbildung von Frühjahrsholz. Somit muß die Differenzierung des Jahresringes in der Weise vor sich gehen, daß (gleichviel ob ein Jahresring dick oder dünn ist) die relative Menge vom Frühjahrsholz zum Herbstholz von oben nach unten abnimmt, also relativ das Herbstholz immer nach der Stammbasis hin zunimmt. Diese Voraussetzung ist durch direkte Messung von v. Mohl[1]) sowohl als von Hartig[2]) und Sanio[3]) tatsächlich bestätigt worden. Es kommt hinzu, daß der Baumteil, je dicker er ist, ein desto höheres Wärmemaximum erreicht[4]).

---

[1]) a. a. O.

[2]) a. a. O.

[3]) Jahrbücher f. wissensch. Bot. IX, S. 115ff.

[4]) Ihne, Über Baumtemperatur unter dem Einfluß der Insolation. Bot. Zentralblatt 1883, Nr. 34, S. 234. — Vonhausen, Untersuchungen über den Rindenbrand. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1873.

Auf der überwiegenden Herbstholzbildung beruht die Festigkeit der Stammbasis.

Bei den Koniferen mit ihrem Abschluß des Wurzelwachstums im Herbst, wie es Arn. Engler als erbliche Eigentümlichkeit nachgewiesen hat (die anscheinend nur durch Erkrankungen der Pflanze gestört werden kann), fällt die Ausbildung noch in die Zeit größerer Bodenwärme und Trockenheit, und demgemäß wird sich meist Herbstholz bilden. Ist viel Material da, also der Jahresring breit, dann ist ein starker Herbstholzring vorhanden (v. Mohl). Bei den Laubbäumen, bei denen sich die Ausbildung des Wurzelholzes bis zum nächsten Jahre hinzieht, ja, wie oben gezeigt worden, manchmal erst zur Blütezeit des neuen Triebes abschließt, sind alle Differenzierungen schwächer und die Grenzen der Jahresringe verwaschener. Da es in den Bodenschichten erst Frühling wird, wenn es oben schon Sommer ist, ist die Bildung von Frühlingsholz immer vorhanden. Bei weiterem Fortschreiten des Jahresringes hängt dessen Ausbildung von dem Grade und der Dauer der Bodenwärme und Trockenheit ab. Bringt ein Jahrgang eine lange trockene Periode, wird sich Herbstholz vorfinden; ist dies nicht der Fall, beschränkt sich die Ausbildung auf das Frühlingsholz und zeigt nur einen schwachen Ansatz von Herbstholz. Daher der lockere Bau bei schmalringigen Wurzeln.

In kurzer Wiederholung des Dargestellten können wir den Unterschied zwischen Wurzel und Stamm bei den Laubbäumen dahin zusammenfassen, daß erstens alle Jahresringe in der Wurzel weit schmäler als die entsprechenden des Stammes sind, und daß bei der steten Ausbildung des porösen Frühjahrsholzes diese schmalen Schichten überwiegend porös sind. Bei den Koniferen findet sich betreffs der geringen Breite der Jahresringe derselbe Unterschied zwischen Stamm und Wurzel, und ebenso nimmt, je dünner der Jahresring ist, desto mehr das Herbstholz im Verhältnis zum Frühjahrsholz ab. Überall sind die Holzzellen länger und weiter und deren Wandungen dünner in der Wurzel als in den entsprechenden Stammteilen.

Bei Anlage von Gehölzkomplexen von Laubhölzern wird man nur dann die sonst vorteilhafte Herbstpflanzung unbedenklich ausführen können, wenn es sich um frostharte Gehölze handelt, oder wenn man so früh im Herbste mit der Pflanzung vorgeht, daß man noch ein Anwurzeln annehmen darf. Daß eine Bildung feiner Haarwurzeln noch im Winter stattfinden kann, beobachtete schon Duhamel[1]). Bei Baumanlagen von geringerer Ausdehnung wird sich durch Bedeckung des gelockerten Bodens das tiefere Eindringen der Kälte in denselben abschwächen lassen.

Die Empfindlichkeit der Wurzeln, besonders der der Laubhölzer, gegen Frost ist auch der Grund für die zahlreichen Fehlschläge bei der vor einigen Jahrzehnten empfohlenen Pflanzung mit dem Frostballen. Man ließ die abgegrabenen Ballen vor dem Transport gefrieren oder besprengte ihn gar zur besseren Haltbarkeit mit Wasser. Wenn auch das sich bildende Eis das Innere vor starken Temperaturschwankungen schützte, waren doch die äußeren Enden besonders der stärkeren abgeschlagenen Wurzeln erfroren, und es ergaben sich nach dem Auftauen Verjauchungsheerde. Ältere Platanen sahen wir z. B. auf dem Dönhoffplatze in Berlin danach eine längere Reihe von Jahren kränkeln, ehe sie endlich festen Fuß faßten.

---

[1]) Duhamel, Des semis et plantation des arbres, S. 153.

Nadelhölzer pflanzt man im allgemeinen im August oder im Mai; bei der Pflanzung gemeinsam mit den Laubhölzern würden sie längere Zeit, ohne angewurzelt zu sein, der Verdunstung ausgesetzt werden.

d. Beschädigungen der Stengel und Stämme.

1. An Getreide.

Verletzungen im Getreidehalme.

Viel wichtiger als die Blattbeschädigungen sind die Frostwirkungen im Halme, von denen mit bloßem Auge eine Veränderung an der Pflanze oft nicht bemerkbar wird. Abb. 152 gibt die Abbildung eines frostbeschädigten unteren Halmknotens vom Roggen.

Das Gewebe des Halmes (*H*) ist fest umschlossen von der Scheide (*Sch*), deren äußere Epidermis mit *e*, deren innere mit *e'* bezeichnet ist, während *e''* die Oberhautzellen des Halmes sind. Die bei allen Frosterscheinungen auftretende Bräunung der Gefäße in den einzelnen Bündeln ist bei *u* und *u'* angedeutet, wo zwischen den weiten Ringgefäßen die engeren Spiralröhren am meisten geschädigt erscheinen. Bei *br* befinden sich Nester gebräunter Parenchymzellen in der Scheide, bei *br'* solche im Halm selbst; bei *v* und *v'* zeigen sich gebräunte Zellpartien in der Scheide und im Halm, deren Wandungen äußerst stark aufgequollen sind, so daß die ganze Zelle zu einer gleichartigen gelben, gummiähnlichen Masse umgebildet erscheint. An anderen Stellen (*r*) ist das Parenchym im Innenteil der Scheide zerrissen oder durch Abheben der Epidermis mit peripherischen Lücken versehen. In der Nähe derartiger Lücken oder manchmal an Stelle derselben treten gestreckte Zellen auf, welche darauf hindeuten, daß bei dem Gefrieren sich der Halm überwiegend in tangentialer Richtung zusammengezogen und die Epidermis gezerrt hat. Dadurch, daß die Epidermis, nicht so elastisch wie das übrige Rindengewebe, infolge der Zerrung dauernd verlängert bleibt, muß sie bei dem Nachlassen des Frostes sich stellenweise abheben (*l* und *l'*) oder doch lockern, so daß das darunter liegende Parenchym durch den verminderten Epidermisdruck nun schlauchförmig sich streckt (*rd*). Die vergrößerten Zellen, die meist unter der äußeren Epidermis liegen (*s*), seltener auf der Innenseite sich finden (*z'*), besitzen manchmal stark verbogene oder gezerrte Wandungen.

Diese Zustände sind in Abb. 152 unten vergrößert dargestellt. Hier erscheinen die Quellungsvorgänge an den Wandungen so stark, daß man nur undeutlich die Grenzen der einzelnen Zellen noch zu unterscheiden vermag und manche Zellumina fast gänzlich verschwinden (*v*). Die mit den Quellungserscheinungen im vorliegenden Falle verbundene Lockerung des Epidermisdruckes hat nun die Überverlängerung des darunter liegenden Gewebes zugelassen, so daß teils größere Gruppen (*rd*), teils vereinzelte verbogene, abnorm vergrößerte Zellen (*s*) sich ausbilden konnten.

Höchst beachtenswert sind endlich die Zerklüftungserscheinungen innerhalb der Gefäßbündel und um dieselben. In den Gefäßbündeln findet die Zerklüftung meist in radialer Richtung (Abb. 152*k*) statt, und zwar derartig, daß das zartere Gewebe zwischen den beiden weiten Gefäßen zerreißt. Die Umgebung der Gefäßbündel kann stellenweise so stark zerrissen sein (*r*), daß das Bündel halbinselförmig in der Lücke liegt. Diese Erscheinung macht den Eindruck, als hätte sich das Parenchym infolge

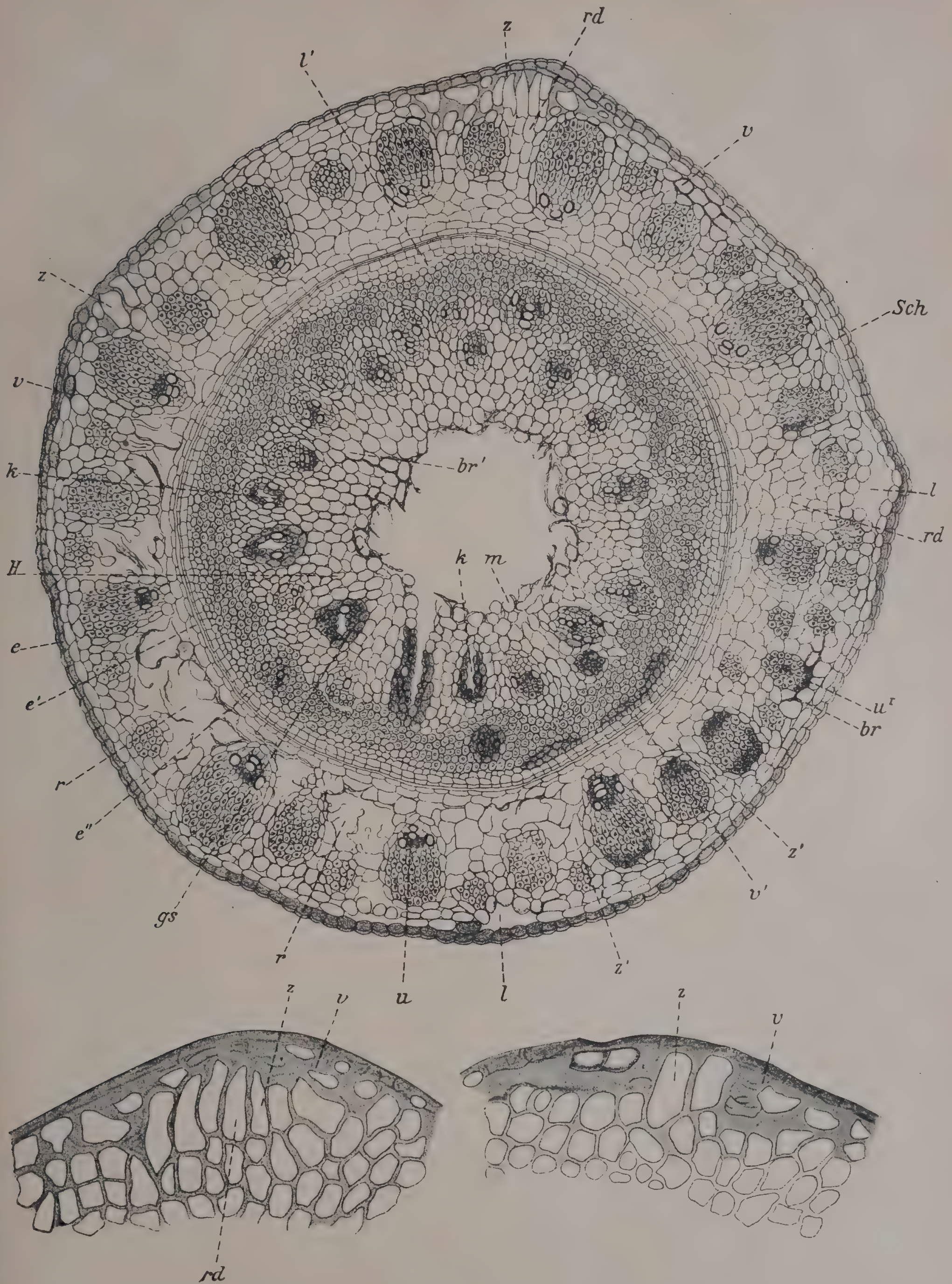


Abb. 152. Obere Abb.: Halmknoten aus einer frostbeschädigten Roggenpflanze. Untere Abb.: Verquellungen der Membranen an frostbeschädigten Blattscheiden eines Roggenhalmes. (Orig. Sorauer.)

der Frostwirkung so heftig zusammengezogen, daß es von den nicht nachgebenden Bündeln abgeplatzt ist. Falls derartige Spannungsdifferenzen weniger extrem sich geltend machen, wird das Parenchym in der Umgebung der Bündel nur stark gezerrt, so daß nachher vergrößerte Parenchymzellen mit verbogenen Wandungen entstehen (*s'*).

Von hervorragender Wichtigkeit für das Leben der Pflanze sind die Beschädigungen der Gefäßbündel, deren Elemente unbedingt an Leitungsfähigkeit einbüßen müssen. Es ist daher erklärlich, daß frostbeschädigte Pflanzen in ihrer Entwicklung zurückbleiben, und daß sie, selbst ohne Mitwirkung parasitärer Organismen, die besonders gern geschwächte Saaten aufsuchen, weniger Stroh und namentlich schlecht ernährte Körner liefern. In der Regel kommt aber noch eine parasitäre Beschädigung durch Rost, Schwärzepilze und andere Blatt- oder Spelzenbewohner hinzu. Denn da niemals alle Pflanzen eines Feldes gleich stark leiden (weil außer der individuell verschiedenen Widerstandsfähigkeit die Bodenunebenheiten bald frostfördernd, bald frostschützend wirken), so ist auch die Entwicklung der Halme unregelmäßig. Zwischen kräftig fortwachsenden Exemplaren stehen die stärker beschädigten im Schatten und Druck der ersteren. Licht- und Luftmangel und Steigerung der Feuchtigkeit zwischen den unterdrückten Pflanzen begünstigen die Ansiedlung und massenhafte Ausbreitung der Pilze.

Halmknicken.

Die vorstehend geschilderten Veränderungen in frostbeschädigten Halmen haben nun, je nach den Stellen, wo der Frostangriff am intensivsten war, verschiedene Folgeerscheinungen aufzuweisen. Der häufigste Fall ist, daß bei Spätfrösten die Halmbasis angegriffen wird. Meist treten diese Schädigungen nesterweise im Acker auf, weil die kalte Luft sich in tiefliegenden Bodenmulden anhäuft. Hier sammelt sich aber auch am meisten die Feuchtigkeit von den atmosphärischen Niederschlägen, so daß zu den Froststörungen die parasitäre Ansiedlung kommt. Die Halmbasis kann dann vermorschen und der Halm umknicken. Viele der als durch *Leptosphaeria* und *Ophiobolus* veranlaßt dargestellten Fälle von Halmknicken erweisen sich als kombinierte Erscheinungen, zu denen der Frost die erste Veranlassung gegeben hat.

Es kommen aber auch andere Fälle vor, bei denen die Halme nicht an der Basis, sondern in verschiedener Höhe umknicken. Die Erscheinung tritt nicht immer in einzelnen Nestern auf, sondern ist bisweilen streifenweise zu finden und zeigt sich so, daß gesunde und kranke Halme gemischt stehen. Derartige Fälle geben nicht selten zu Streitigkeiten Veranlassung, indem sie große Ähnlichkeit mit Hagelschäden haben. Eine Entschädigung wird aber dann seitens der Hagelversicherungsgesellschaften abgelehnt, da sich keine Anschlagstellen der Hagelkörner nachweisen lassen. H. Fischer[1]) hat die Entstehung des Halmknickens durch Frost studiert; er fand, daß bei —4° bis —6° vereinzelt, bei —8° bis —12° häufige Knickungen auftraten. In der strengeren Kälte erfolgten die Knickungen oft an den Knoten, diese zeigten radiale Risse, die nach einigen Wochen den Zerfall des Stengels herbeiführen konnten.

Bei dem basalen Halmbruch erweist sich der Halmgrund braun, und

[1]) Fischer, H., Versuche über die Frostbeschädigungen an Getreide und Hülsenfrüchten. Jahresb. d. Ver. f. angew. Bot. XIII (1915), S. 92—141.

die Bestockungstriebe sind fast sämtlich abgestorben, vielfach sogar erweicht und stets von Myzelpilzen, bei anhaltender Feuchtigkeit auch von Bakterien, Milben und Anguillen besiedelt. Bei dem Umknicken in höheren Halmregionen erscheint der Halmgrund fest und grün; die Bestockungstriebe sind nur vereinzelt abgestorben und mehrfach ohne Verpilzung. Am häufigsten zeigt sich die Knickstelle am zweiten oder dritten Internodium oberhalb der Bodenoberfläche und charakterisiert sich als teils einseitige, teils ringsherum verlaufende braune Zone, deren Färbung nach dem nächst höheren Knoten hin an Intensität zunimmt. Demnach erscheint die dicht unterhalb eines Knotens belegene Region eines Halmes als die am meisten empfindliche. Dennoch vermag der an das tiefgebräunte Gewebe oberhalb anstoßende Knoten häufig noch eine Aufwärtsbiegung des umgelegten Halmes auszuführen, so daß derselbe mit einem Knie wieder aufrecht zu stehen kommt. Aber die Ähre an solchen Pflanzen ist schwach und lückig. Die Wurzeln erscheinen gesund, der gebräunte Halmteil fast stets ohne irgendeine Pilzvegetation.

Kahlährigkeit.

Die scheinbar am wenigsten mit Frostschäden Beziehungen besitzende Erkrankung ist die Kahlährigkeit, wie sie uns in Abb. 153 *A* und *B* entgegentritt. Die Erscheinung ist bisher nur fast bei Roggen gefunden worden; an einem Spezialfall fand sich folgendes[1]): Hier zeigten sich die Halme meist von normaler Größe und kräftigem Wuchs, aber sie besaßen im obersten und nächstunteren Gliede bleichgelbe, später strohfarbige bis braungelbe, oft dunkler umsäumte Flecke, die oft zu einer den Halm umfassenden Binde sich erweiterten. In anderen Fällen erwies sich der Halm bis zum obersten Internodium ganz gesund. Oberste Blattscheiden und Blätter aber waren strohfarbig gefleckt (Abb. 153 *B t*) oder getupft; höchster Teil des Halmes nebst Basis der Ährenspindel rötlich-strohfarbig, Ährenspindel selbst braungliedrig, lachsfarbig punktiert, am Grunde ganz kahl (*k*) und weiter aufwärts mit anfangs fädigen, später etwas breiter werdenden papierartigen Spelzen bedeckt (*sp*). Die Spitze der Ähre kann dabei noch zur vollständigen Entwicklung kommen, wie Abb. 153 *B* zeigt, und in dem Maße, wie man sich dem grünen Gipfelteil der Ähre nähert, sieht man, wie die fadenartigen, weißen Spelzen derber und größer werden und sich in ihrer Beschaffenheit dem normalen Zustande nähern. Bisweilen findet man Gruppen bereits ergrünter und fleischiger Spelzen im Verlaufe des kahlbleibenden Spindelteils (Abb. 153 *B g*).

In Abb. *A* ist ein Fall dargestellt, bei welchem die unteren Spelzen normal und grün, die obersten zwar normal in Größe und Gestalt sind, aber ein rosa-strohfarbiges Aussehen haben. Zwischen Gipfel und Basis ist die Ährenspindel nackt. In den intensivsten Fällen der Beschädigung ist an Stelle der Ähre nur eine kahle, braungliedrige, lachsfarbig punktierte Ährenspindel übriggeblieben. Die lachsfarbigen Punkte sind die Ansatzstellen der Ährchen, die durch üppig entwickelte Pilzrasen gefärbt sind.

Fast bei allen Formen der Kahlährigkeit biegt sich durch Vertrocknen des kahlen Spindelteils die Ährenachse krummstabförmig (Abb. 153 *B g*). An den im Bilde vorgeführten Beispielen erkennt man deutlich, daß die

[1]) Sorauer, P., Über Frostbeschädigungen am Getreide und damit in Verbindung stehende Pilzkrankheiten. Landw. Jahrbücher 1903, S. 1. — Altes und Neues über die mechanischen Frostbeschädigungen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXIV (1914), S. 65—76, Taf. II—IV.



Abb. 153. Verschiedene Formen der Kahlährigkeit. (Orig. Sorauer.)

Kahlährigkeit ganz lokal wirkenden Ursachen ihre Entstehung verdanken muß. Wenn man diese Erscheinungen auf einem Felde studierte, auf welchem besonders zahlreiche Pflanzen an Kahlährigkeit litten, bemerkte

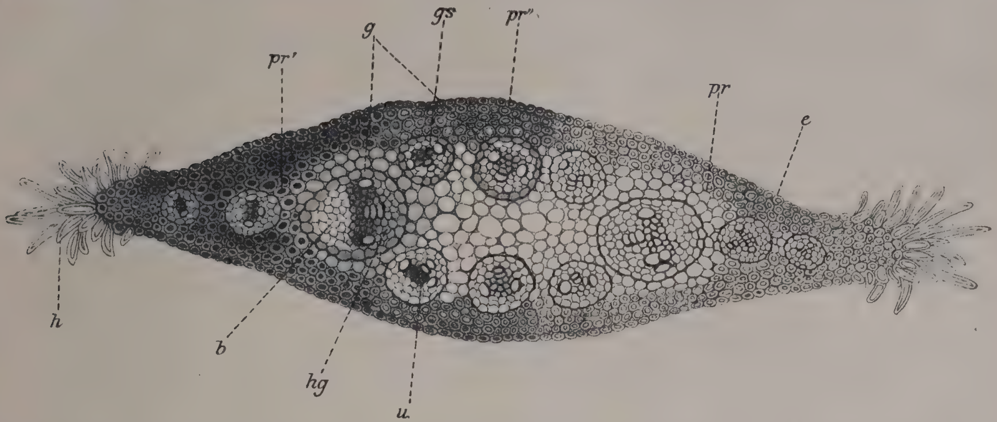


Abb. 154. Querschnitt durch ein Internodium der Ährenspindel eines an Kahlährigkeit leidenden Roggenhalmes. (Orig. Sorauer.)

man, daß die Beschädigungszonen in annähernd gleicher Entwicklung der Stengel und Ähren erfolgt sein muß. Es mußte somit die schädigende

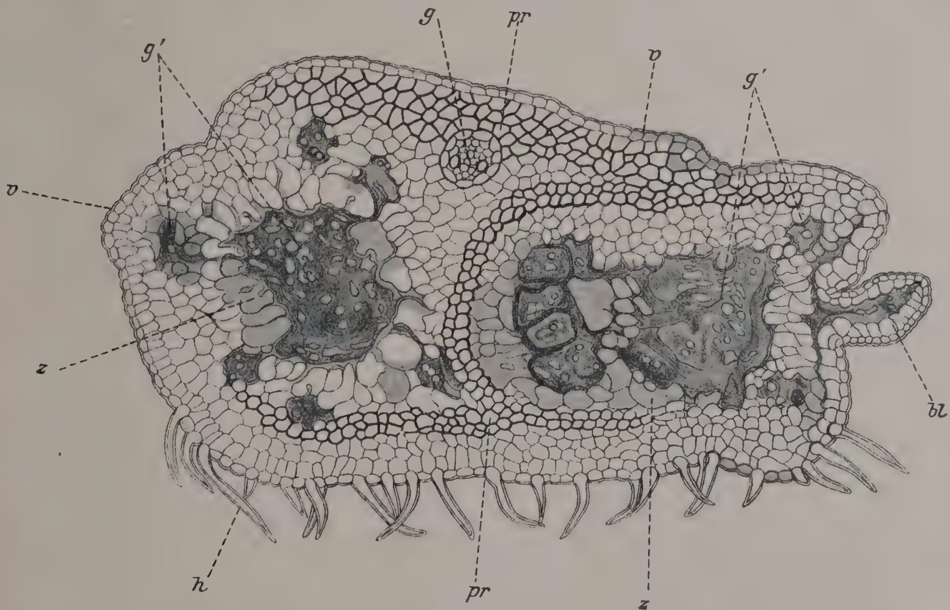


Abb. 155. Querschnitt durch den Nodus einer kahlährigen Spindel. (Orig. Sorauer.)

Ursache für die Kahlährigkeit in einer kurzen Zeitspanne erfolgt sein. Je nachdem nun die nach ihrer individuellen Entwicklung in verschiedenen Stadien befindlichen Roggenpflanzen fortgeschritten waren, sind sie ver-

schieden beschädigt worden. Daraus erklärt sich, daß bald der untere, bald der obere Teil der Ähre kahl geworden ist.

Bei Erwägung der Ursache der Kahlährigkeit liegt die Vermutung am nächsten, daß der an den Binden und namentlich an der Ährenspindel erkennbare und an den Ansatzstellen der Blüten in lachsrosa Rasen auftretende Pilz die Krankheit veranlaßt habe. Diese Annahme ist jedoch irrig, da auch schwere Beschädigungen der Spindel beobachtet worden sind, ohne daß die Gegenwart von Pilzen nachgewiesen werden konnte. Es ist deshalb dieser Pilz, der zur Gattung *Acremonium* gehört, ebenso wie das selten fehlende *Cladosporium* als eine sekundäre Ansiedlung anzusprechen.

Untersuchte man nun die geschädigte Spindel an solchen Stellen, an denen *Acremonium* sich nicht angesiedelt hatte, so bekam man die Bilder, die in Abb. 154 und 155 dargestellt sind. Abb. 154 stellt den Querschnitt durch ein Internodium, Abb. 155 den durch einen Knoten der Ährenspindel dar. Mit *e* ist die Epidermis, mit *h* deren Haare bezeichnet, *g* gesunde Gefäßbündel, *g'* ein Bündel mit gequollenen, gebräunten Wandungen, *gs* Gefäßbündelscheide, *b* Bastteil, *hg* Holzteil des Bündels, *u* tiefbraunes Gewebe zwischen den beiden großen Gefäßen, welches am empfindlichsten ist und bei verschiedenen anderen Ursachen sich auch zuerst geschädigt erweist; *pr* gesunde Prosenchymzellen, *pr'* solche mit gesunder Wandung, aber braun ausgefülltem Lumen, *pr''* Prosenchym mit farblosem Innenraum, aber tief gebräunten Wandungen, *v* Parenchymzellen in Epidermis und Rindengewebe mit gelben, dick verquollenen Wandungen und schwer oder nicht mehr erkennbarem Lumen, *z* gezerrte Zellen in der Umgebung der gummiähnlich verquollenen Gewebeherde, *bl* Basalteil eines Ährchens, das hier vom Knoten abgeht.

Man findet somit an den kahlen Stellen der Ährenspindel alle diejenigen Beschädigungsformen wieder, die in den unteren Halmknoten frostbeschädigten Getreides bemerkbar sind; nur sind an Stelle der Gewebezerklüftungen die Membranquellungen vorherrschend. Dieselben sind besonders ausgedehnt an den Ansatzstellen der Ährchen, weil dort viel reichlicher parenchymatisches, also frostempfindliches Gewebe vorhanden ist. Und solche gummiähnlich verquollenen Gewebeherde liegen tief im Innern der Spindel. Durch diesen anatomischen Befund unterscheidet sich die Kahlährigkeit durch Frost von den ähnlichen, lange bekannten Ährenbeschädigungen durch die Getreideblasenfüße (*Thrips*), deren Saugstellen oberflächlich bleiben.

Ausschlaggebend ist der Umstand, daß es Sorauer gelungen ist, durch künstlichen Frost alle hier geschilderten Blatt-, Halm- und Ährenbeschädigungen hervorzurufen. Auch alle verschiedenen Formen der Körnerschrumpfung konnten experimentell erzeugt werden. Die Kahlährigkeit durch Frost tritt nur in einzelnen Jahren und in größerer Ausdehnung bloß an bestimmten Lokalitäten auf.

Daß nur einzelne Regionen des Halmes durch Frost beschädigt werden, wie dies bei der Kahlährigkeit vorausgesetzt werden muß, findet seine Erklärung darin, daß die gerade am lebhaftesten wachsenden ungeschützten Teile getroffen werden. Entweder ist es der zuletzt aus der Scheide herausgetretene Basalteil der Ähre samt dem anstoßenden obersten Teile des Halmes, oder es ist der unmittelbar unter einem Knoten belegene Teil eines Internodiums, der dann die Frostbinde zeigt. Diese genannten Regionen sind eben die weichsten und empfindlichsten am ganzen Halme,

und analoge Erscheinungen finden wir auch bei dikotylen Gewächsen, bei denen wir Blüten- und Fruchtstiele nur an der Stelle verletzt und geschwärzt sehen, die unmittelbar an den Blütengrund angrenzt, während der ältere Teil gesund bleibt.

2. Zweig- und Stammbeschädigungen.

α) Während der Winterruhe entstandene Frostschäden.

Frostschäden an der Sonnenseite.

Die meisten Frostschäden an Bäumen zeigen sich auf der Süd- und Südostseite; man erklärt sich diese Erscheinung durch ein schnelleres Auftauen infolge der energischeren Sonnenwirkung. Inwieweit diese Anschauung begründet, ergibt sich aus Beobachtungen von Müller-Thurgau[1]) und Mix[2]). Ersterer fand bisweilen schon an sonnigen Wintertagen die Südseite der Bäume um 10° wärmer als die Nordseite. Daraus ersieht man, daß durchschnittlich schon im Februar die Lebenstätigkeit des Gewebes der Südseite bereits weit energischer geweckt sein wird. Der Wassergehalt der Rinde betrug z. B. bei einem in 80 cm Stammhöhe entnommenen Streifen einer Hauszwetsche 53,8 % auf der Südseite und nur 48,5 % auf der Nordseite. Bei einem anderen Baume derselben Sorte, der rings mit Schilf eingebunden war, erwies sich zu derselben Zeit (15. März) der Wassergehalt auf der Südseite 51,5 %, auf der Nordseite 51,3 %. Von der Frankfurter Pfirsichzwetsche, welche ebenfalls seit dem 12. Dezember ringsum durch Schilf geschützt war, wurde ein Rindenstreifen aus 90—115 cm Stammhöhe entnommen; es zeigte sich am 15. März der Wassergehalt der Rinde auf der Südseite zu 53,3 %, auf der Nordseite nur 52 %, also hier wieder die Nordseite wasserärmer, während bei einem vierten Versuch, wo nur die Südseite mit einer Schilfdecke geschützt worden, der Wassergehalt am 15. Mai auf der Südseite 53 %, auf der Nordseite 54,4 % betrug.

Somit ergibt sich, daß durch die Sonnenwärme die Baumrinde zu Ende des Winters (zu Anfang nicht) auf der Südseite wasserreicher ist als auf der Nordseite.

Daß aber mit der Vermehrung des Rindenwassers eine Schwellung des Gewebes verbunden ist, ist durch G. Kraus[3]) experimentell erwiesen, der auch fand, daß abgeschnittene Äste schon durch Temperaturerhöhung zu schwellen beginnen. Letzteres ist nur durch einen Übertritt von Wasser aus dem Holze in die Rinde erklärlich. Andere Ursachen, wie Entgipfelung, Verdunkelung usw., können ebenfalls eine Schwellung holziger Achsenorgane beginnen, und diese Schwellung wird bei verschiedenen Arten bald durch Wasseraufnahme des Holzes (von unten nach oben fortschreitend), bald durch wachsenden Wasserreichtum der Rinde oder beider Faktoren hervorgerufen. Der Vorgang der Wasseraufnahme aber ist ein verschiedener und hier besonders hervorzuhebender. Während nämlich das Holz sein Wasser in den Zellwandungen speichert, ohne dieselben wesentlich zu

---

[1]) Müller-Thurgau, H., Das Erfrieren der Obstbäume. Deutsche allg. Z. f. Landwirtschaft, Gartenbau u. Forstwesen. 1882, vom 30. Juli. — Ders., Zum Schutz der Obstbäume gegen Winterfrost. Schweizer. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau XXVII (1919), S. 17—20.

[2]) Mix, A. J., Sun-Scald of Fonit-Trees a Type of Winter Injury. Coinell Univ. Agric. Exp. Station. Bull. 382. Ithaca. Okt. 1916, mit 2 Taf.

[3]) Kraus, G., Über die Wasserverteilung in der Pflanze, III. Die tägliche Schwellungsperiode. Abh. d. naturf. Ges. z. Halle, XV. vgl. Bot. Jahresb. 1881, 1, S. 8.

dehnen, wird das Wasser bei der Rinde in parenchymatischen Geweben, wie in Blättern, Knospen, Früchten, plastisches Material zur Lösung bringen und daher in das Zellinnere aufgenommen; es vermehrt somit die Turgeszenz des Gewebes, verdünnt aber notwendigerweise auch den Zellinhalt und macht ihn frostempfindlicher.

Auf denselben Vorgängen beruht die Erscheinung, daß die Basis der Bäume über der Schneedecke bisweilen erfriert, während die höheren Stammteile gesund bleiben. Die Bodenoberfläche wird erstens schneller warm und in der Nacht durch Strahlung intensiver kalt; die dem Boden unmittelbar anliegenden Luftschichten und die von ihnen umspülten Pflanzenteile sind demgemäß viel größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt. Es kommt als besonders wichtig hinzu, daß an sonnigen Spätwintertagen der Reflex der bereits wärmenden Sonnenstrahlen von der Schneeoberfläche oder anderen stark reflektierenden Flächen die (oft mit der Hand fühlbare) einseitige Erwärmung des Rindenkörpers stark erhöht; eine folgende klare Frostnacht bringt die Schädigung.

Über den Einfluß der Sonne auf die größere Leichtigkeit der Frostbeschädigungen mögen einige Beobachtungen von Nördlinger aus dem Winter 1879/80 als Beispiele dienen[1]).

In der Umgegend Stuttgarts ging infolge des kalten Winters am Nordhange nicht eine einzige von den vielen Wellingtonien zugrunde, während die Kälte den südlichen und mehr noch den südwestlichen Träufen der Gärten geschadet hatte. Bei Frühlingsfrösten fand Nördlinger vorzugsweise die Ost- und die Südostseiten beschädigt; die Sonne geht im April schon so weit im Osten auf, daß ihre früh erweckende und dadurch schädigende Wirkung sich auch geltend macht. Im Dezember und Januar dagegen erhebt sie sich so weit im Süden, daß die Morgenseiten der Gewächse noch nicht wesentlich erwärmt werden können, sondern erst die Mittagsseiten, die Nördlinger an den unempfindlichen Holzarten wie Kiefer, Weymouthskiefer und Fichte beschädigt fand. So zeigten sich nicht selten an aufrechten Sprossen dieser Bäume, dem Mittagsstande, der Sonne entsprechend, in einem schmalen, senkrechten Streifen die Nadeln getötet und rot geworden. An *Taxus*, *Cupressus Lawsoniana*, *Thuja*, *Juniperus*, *Buxus* war nur die Nachmittagsseite rot oder weiß geworden; viele Obstbäume zeigten gerade auf dieser Seite einen Verlust der Äste.

Nun kommen aber auch West- und Südwestbeschädigungen an Bäumen vor; diese führt Nördlinger auf Sonnenbrand im Hochsommer, wo das Wärmemaximum am meisten nach Westen kommt, zurück und nennt die oben geschilderten Winterbeschädigungen „Wintersonnenbrand“.

Beschädigung der Stengelbasis durch Bodenfrost.

Die Beschädigung des Stengelgrundes im Winter, die sich besonders an glattrindigen jüngeren Gehölzen (Heistern) oder Sämlingen vorzüglich auf feuchtem bis nassem Boden findet, ist eine durch Gefrieren des Bodens erklärbare Erscheinung. An Sämlingen von Fichten und Tannen beschreibt sie R. Hartig[2]). Die im Laufe des Sommers vertrockneten Pflänzchen zeigten am hypokotylen Stengel, etwa in der Höhe der Bodenoberfläche

[1]) Baumphysiologische Bedeutung des kalten Winters 1879/80. Illustr. Gartenztg. 1881.
[2]) Bot. Centralbl. 1884, Nr. 15, S. 63.

eine Einschnürung, an welcher die Rinde gänzlich eingetrocknet war. Darüber war, wie bei einer Schnürwunde, der Stengel angeschwollen. Da äußere Verletzungen oder Parasiten als Ursache der Erscheinung nicht nachweisbar waren, liegt die Vermutung nahe, daß durch den Frost die wasserreiche, oberste Bodenlage durch ihre Ausdehnung das Kambium der Pflänzchen zerquetscht habe. Assmann[1]) erwähnt ebenfalls den mechanischen Druck auf zarte Pflanzen, den bei Eintritt der Maifröste der bei dem Gefrieren sich ausdehnende nasse Boden auf die Stengelbasis ausübt.

Wir möchten hierbei eine Beobachtung von Mohl[2]) über Eisnadelbildung an der Bodenoberfläche anschließen. Im November 1859 sah Mohl im Schwarzwalde den bereits von Caspary[3]) erwähnten, nach den Angaben dieses Forschers von Le Conte zuerst beobachteten Vorgang einer Bildung säulenförmiger, senkrecht aus dem Boden aufschießender Eisnadeln (Kammeisbildung; vgl. auch oben bei Aufziehen der Pflanzen). Nach vorausgegangenem Regenwetter war eine heitere Frostnacht eingetreten, und nun zeigten die von Vegetation entblößten Stellen des Bodens teils isolierte, meist aber massenweise beisammenstehende und hier und da aneinandergefrorene Eisfäden von der Dicke einer Nähnadel bis zu der eines schwachen Federkiels und von 2—5 cm Länge.

Derartige Beschädigungen der Stammbasis durch Kammeis an jungen bis über daumdicken Gehölzen konnte Graebner in der Lüneburger Heide öfter beobachten, und zwar an Pappeln, Weiden und Birnen.

Frostspalten.

Die Temperatur im Innern starker Baumstämme kann nur langsam der Außentemperatur folgen, und darum ist meist das Stamminnere vom Morgen bis Mittag kälter, am Abend aber wärmer als die umgebende Luft[4]). Die Zusammenziehung der Gewebe bei Eintritt von Kälte wird somit in den äußeren Stammschichten sich schon geltend machen, während der Kern noch seine frühere Ausdehnung beibehält. Auf diese Weise kommen Spannungsdifferenzen zustande, die um so größer sein werden, je schroffer der Temperaturwechsel eintritt. Nun zieht sich bei Temperaturerniedrigung der Holzkörper in der Richtung des Umfanges, also tangential stärker zusammen als in radialer Richtung, so daß der peripherische Mantel für den noch wärmeren Stammkern eigentlich zu eng wird. Er muß demgemäß tangential gespannt werden, wenn er den Kern noch vollkommen umschlossen halten soll. Kann er sich bei zunehmender Kälte nicht mehr genügend dehnen, so muß er reißen. Auf diese Weise müssen Risse in der Baumrinde zustande kommen, die um so tiefer in das Holz sich fortsetzen werden, je strenger die Kälte und je größer die Differenz zwischen den abgekühlten peripherischen und den wärmeren zentralen Geweben des Stammes ist. Bei plötzlich sich einstellender starker Kälte hat man nun wahrgenommen, daß unter beträchtlichem Knall einzelne Baumstämme der Länge nach einen tief klaffenden, der Richtung der Holzfaser folgenden Spalt bekommen. Einzelne Baumarten zeigen diese Erscheinung besonders häufig. In erster Linie leidet die Roßkastanie; außerdem sind Eiche,

---

[1]) Assmann, Die Nachtfröste des Monats Mai. Magdeburg. Zeitung 1881, 19. Juni.
[2]) Bot. Zeitung 1860, S. 16.
[3]) Bot. Zeitung 1854, S. 673.
[4]) Roy W. Squires, Minnesota Bot. Studies. Bull. 9, 1895.

Pappel und Kirsche hervorzuheben. Der Spalt bleibt nur klaffend offen, solange die Kälte anhält. Bei Eintritt wärmeren Wetters werden die Spaltränder einander genähert, und zwar bis zum gänzlichen Schluß der Wunde, welche aber niemals wieder völlig verheilt, da sie naturgemäß in den folgenden Wintern wieder aufbricht; denn der Widerstand des schmalen Wundverschlusses ist zu gering, um selbst bei weniger starker Kälte die sich ergebende Spannung auszuhalten. Der Heilungsvorgang ist der normale, indem aus dem Kambium, dem Jungholz und der Jungrinde Überwallungswülste gebildet werden, die miteinander zu verkleben be-



Abb. 156. Frostleiste an einem Stamm von *Acer campestre.* (Nach Frank-Schwarz.)

strebt sind. Diese hervorquellenden Überwallungsränder finden aber nicht, wie bei jeder anderen Verletzung mit freiliegender Wundfläche, den notwendigen Raum zu ihrer Ausbreitung, sondern sind gezwungen, steil gegeneinander zu wachsen und sich über die Spaltwunde emporzuheben. Sie bilden daher durch den gegenseitigen Druck nach außen vorspringende, in der Mitte lippenartig vertiefte, durch das allwinterliche Wiederanfrieren immer höher werdende Wülste, die als „Frostleisten" bezeichnet werden.

In Abb. 156 sehen wir eine derartige Frostleiste an einem starken Stamme von *Acer campestre,* der eine Anzahl radialer Zerklüftungen zeigt. Einer dieser radialen Risse hat den Stamm in seiner ganzen Dicke zersprengt, so daß ein äußerlich sichtbarer, anfangs weit klaffender, bei Eintritt

wärmerer Witterung sehr eng gewordener Spalt entstanden ist. Als der Baum im Frühjahr von seiner Kambiumschicht aus den Spalt schließen wollte, fanden die Überwallungsränder keinen Platz, sich in den Spalt hineinzulegen, und mußten daher nach außen sich biegen. Daher die lippenartigen Vorsprünge, die der Querschnitt erkennen läßt. Ein derartiger Wundheilungsvorgang ist bisher bei keiner anderen Stammverletzung beobachtet worden, so daß sein Auftreten als unbedingt sicheres Merkmal für Frostwirkung bezeichnet werden darf.



Abb. 157. Eichenstamm durch *Polyporus sulfureus* zerklüftet. (Nach Frank-Schwarz.)

Caspary[1]) ist dieser Erscheinung experimentell näher getreten. Er wies durch direkte Messung nach, daß der Ausdehnungskoeffizient des frischen Holzes sowohl in der Richtung des Umfanges als auch des Radius den aller festen Körper, auch denjenigen des Eises beträchtlich übersteigt und nur von der Luft übertroffen wird. Dies erklärt die plötzliche Entstehung tiefer Spalten.

Alle Frostspalten gehen meist tief in das Stamminnere hinein. Im

[1]) Caspary, Neue Untersuchungen über Frostspalten, Bot. Zeit. 1857, Nr. 20—22. In einer früheren Abhandlung, Bot. Zeit. 1855, S. 449, hat Verf. auch die ältere Literatur angegeben.

alten Holzkörper aber ist der Baum unfähig, neues Vernarbungsgewebe zu bilden. Infolgedessen stellt jede Frostspalte eine dauernde, wohl äußerlich zu überdeckende, aber im Innern stets unverheilte Wunde dar. Dieselbe wird um so bedeutungsvoller, je mehr zu dem radialen, großen Frostspalt sich noch seitliche tangentiale Sprünge gesellen. Diese laufen meist in den Lagen des Frühlingsholzes und können durch radiale Querrisse untereinander verbunden werden. Es tritt dann eine gefelderte Zerklüftung ein, welche den Holzkörper technisch vollkommen unbrauchbar macht und durch Erleichterung der Ausbreitung holzzerstörender Pilze den Tod des Baumes beschleunigt.

Wir erhalten dann Bilder wie in Abb. 157, welche den Querschnitt eines Eichenstammes darstellt, der durch *Polyporus sulfureus* von einer Astwunde aus besiedelt und zerklüftet worden ist.

Während die Zerklüftungen der Stämme durch lange, den größten Teil des Baumschaftes durchziehende Spalten vielfach beschrieben worden sind[1]), ist der Entstehung kurzer, weniger tief gehender und leichter sich schließender Spalten nicht genügend Beachtung geschenkt worden. — R. Hartig[2]) gedenkt derselben bei der Weißtanne, wo sie oft nur ganz kurz sind, in den höheren Schaftteilen auftreten und meist sehr bald verwachsen, ohne Frostleisten zu bilden. Auch sie verlaufen in der Richtung der Holzfaser, also meist etwas schräg. Außer bei der Tanne sind derartig kurze Frostspalten, und zwar oft mit lippenartiger Verwallung, namentlich bei der Rotbuche, der Kirsche, der Eiche und Platane beobachtet worden, Bemerkenswerterweise sind diese Baumarten meist durch eine lange Zeit glatt bleibende Rinde ausgezeichnet. Hier bemerkt man auch am leichtesten die Bevorzugung gewisser Baumseiten bei der Entstehung der Frostrisse. Wenn die Bäume nicht zufällig durch ihre Nachbarschaft geschützt sind, sondern frei stehen, wird man bei der Mehrzahl derselben feststellen können, daß die West- und Südwestseiten die reichlichsten Frostverletzungen zeigen. Wie verschieden sich die einzelnen Baumseiten verhalten, lehren z. B. die Straßenpflanzungen von Platanen. Zur Zeit, wenn das bekannte normale Abschuppen der Stämme beginnt, wird man sehen, daß die meisten Borkenschuppen zunächst meist auf den zwischen West und Süd gelegenen Stammseiten abgestoßen werden.

Bisweilen werden „Trockenrisse“ als Frostrisse angesprochen, worauf Nördlinger[3]) besonders aufmerksam gemacht hat. Die Trockenrisse, welche namentlich bei kräftigen Bäumen sich einstellen, die plötzlich starken Wassermangel zu erleiden haben, charakterisieren sich dadurch, daß sie entweder in ihrem radialen Verlauf wiederholt absetzen, also in den älteren Jahresringen in einem anderen Radius verlaufen als in den jüngeren, oder überhaupt nur kurz mitten in der Holzscheibe einen oder zwei Jahresringe radial spalten. Derartige innere Spalten erscheinen dann in Form einer Lanzenspitze, d. h. in der Mitte am meisten verbreitert. Da bei den bis zur Rinde gehenden Spalten die Wunde offen bleibt, neigen sich auch die Überwallungsränder in den Spalt hinein, bilden also keine vorspringenden Leisten wie die Frostspalten.

---

[1]) Göppert, Über die Folgen äußerer Verletzungen der Bäume, S. 30. Breslau 1873. Verf. hat an 76 verschiedenen Gehölzarten Frostrisse kennengelernt.

[2]) R. Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl., S. 214. Berlin 1900, Julius Springer.

[3]) Nördlinger, Trockenrisse (falsche Frostrisse) an der Fichte. Auch ein Grund der Rotfäule. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen. Wien 1878, Heft 6.

Der Brand (Sphacelus).

Im Gegensatz zur Bezeichnung „Krebs", welche in den Kreisen der Praktiker für die heterogensten Erscheinungen einer allmählich sich ausbreitenden Erkrankung Verwendung findet, die, wie unten auseinanderzusetzen ist, durch Frostschäden während der Vegetationszeit, zur Zeit der Mobilisierung der Reservestoffe veranlaßt wird, versteht man unter „Brand" ziemlich allgemein das Auftreten toter, schwärzlich verfärbter, dem Holzkörper aufgetrockneter Rindenstellen von größter Ausdehnung, die eben deshalb nicht zum Krebs werden, weil sie während der Winterruhe, also im saftarmen Zustande, absterben und daher eintrocknen. Bei glattrindigen Stämmen bemerkt man auch an Stelle größerer zusammenhängender Brandflächen oft einseitig am Baum erscheinende kleine, zahlreiche, eingesunkene, einem Fingereindruck ähnliche Rindenflecke, die man als „Frostplatten" (Abb. 158) zu bezeichnen pflegt. Diese Beschädigung sind je nach der Frostempfindlichkeit der Baumarten und den Standortsverhältnissen bald häufig, bald spärlich. Branderscheinungen dürften vom Steinobst am häufigsten bei Kirschen und Pflaumen zu finden sein; bei den empfindlicheren Pfirsichen und Aprikosen pflegt meist der Achsenkörper in seiner Gesamtheit zu leiden.

Bei dem Kernobst sind unzweifelhaft die Birnen zu Brandbeschädigungen am leichtesten geneigt. Von den Waldbäumen gelten als besonders empfindlich Buche und Eiche, an feuchten Standorten auch Esche und Akazie. Edelkastanie erhält sich überhaupt im nördlichen Deutschland nur an einzelnen Lokalitäten. Unter den Nadelhölzern erscheint die Tanne frostempfindlicher als die Fichte. Lärche leidet, sobald sie nicht genügend Licht und Luftzirkulation hat. Selten beschädigt zeigen sich Linde und Ahorn. Am wenigsten findet man Brandstellen bei Erle, Birke, Ulme, Weide, Pappel, Hainbuche und namentlich Kiefer.

Das Absterben der Rinde ist als direkte Frostwirkung anzusehen, welche bis zu verschiedener Tiefe eindringt und demgemäß ein verschiedenartiges Aussehen der Brandwunden hervorrufen kann. So ergreift z. B. häufig der Frost nur die jüngsten Rinden- und Splintschichten einschließlich des eigentlichen Kambiums; die älteren, äußeren Rindenlagen sterben dann nur aus Mangel an Ernährung ab. Da die vom Frost getötete Rinde sich kurze Zeit nach dem Auftauen dunkel verfärbt, so sehen wir im Frühjahr (besonders oft bei Birnen) zunächst an einzelnen Baumseiten oder Zweigen eingesunkene, scharf umgrenzte, oft nur sehr geringe Ausdehnung besitzende Stellen, die bald trocken werden und dem Holzkörper fest anhaften (Abbildung 158, *p*). Es sind dies die oben erwähnten „Frostplatten". Im Laufe des Sommers entsteht an der Grenze zwischen dem aufgetrockneten und dem gesunden, durch das Dickenwachstum des Stammes sich hebenden Teil der Rinde eine Rißstelle, durch welche der abgestorbene Teil nun von der Umgebung isoliert wird und seinen hemmenden Einfluß verliert (Abbildung 158, *r*).

Die Hemmung, welche eine solche tote Rindenstelle ausübt, liegt in der Druckerhöhung des übrigen Rindenmantels, solange derselbe noch mit dem toten, trockenen, dehnungsunfähigen Gewebe verbunden ist. In der Nähe der toten Stelle wird der Rindendruck am größten, die Zahl der neugebildeten Elemente am geringsten sein.

Dies sehen wir bei Beginn der Heilungsvorgänge. Der Baum sucht die tote Stelle durch Bildung von Überwallungsrändern von den gesunden

Rindenteilen aus zu decken. Dies kann nun je nach der Art des Brandschadens in zwei Formen geschehen. Wenn nämlich der Zweig zur Zeit des Frosteintritts schon älteres Holz besitzt, das auf der Brandseite wohl gebräunt, aber nicht gespalten wird, dann schieben sich oftmals die Über-



Abb. 158. Frostplatten an Birnenrinde. (Orig. Sorauer.)

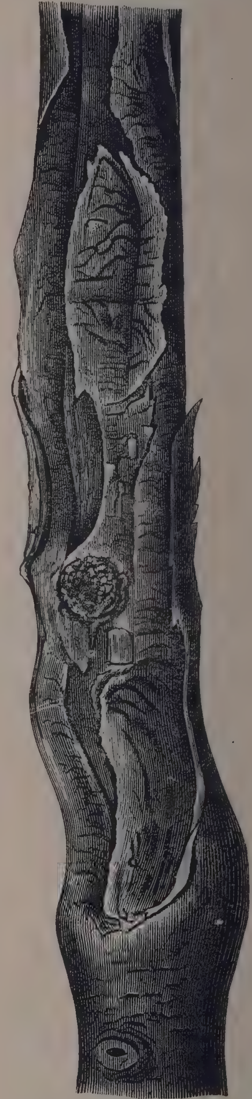


Abb. 159. Junger Birnenstamm mit verschiedenartigen Brandstellen.

wallungsränder allmählich zwischen die tote Rinde und den Holzkörper und heben l a n g s a m die schorfartig trockene, braune Rindenmasse ab. Mit jedem folgenden Jahre rücken die Überwallungsränder von den Seiten her aufeinander mehr und mehr zu, bis sie sich endlich vereinigen, die

geschwärzte Holzstelle decken und dabei die ehemals aufgelagerte Rinde nach außen drängen und abstoßen.

In Abb. 159, die einen brandigen, jungen Birnenstamm darstellt, sehen wir oben den alten, geschwärzten, bloßgelegten Holzkörper, welcher ursprünglich von der hier hell gezeichneten Rinde im frischen Zustande bedeckt war. Die Rinde ist an der ganzen Baumseite vom Froste getötet, aufgetrocknet und durch die nach dem Frost hervorgekommenen Überwallungsränder von den gesunden Baumteilen abgesprengt worden. Die buckelförmige Erhöhung an der Basis der Zeichnung zeigt die bei Brandstellen häufige Verbreiterung des abgeflachten Stammes durch vermehrte Holzbildung der unbeschädigten Umgebung.

An dünnen Zweigen besitzen die Frostplatten manchmal eine nur geringe Ausdehnung; dafür aber zeigt sich der Holzkörper unter der auftrocknenden Rinde radial gespalten. Der beim Nachlassen des Frostes sich schließende Spalt wird nun schnell überwallt, die getötete Rinde alsbald abgehoben, und die Überwallungsränder verschmelzen miteinander. Hierbei erfolgt nun die Vereinigung nach Art der Frostleisten, d. h. die Ränder springen leistenartig über die normale Jahresringebene vor, während sie bei den breiteren, nur langsam sich schließenden Wunden den Achsenzylinder an der erfrorenen Stelle abgeflacht erscheinen lassen.



Abb. 160. Querschnitt durch einen Birnenstamm an einer durch Frost erzeugten Brandstelle. (Orig. Sorauer.)

In beiden Fällen aber zeichnen sich die Überwallungsränder dadurch aus, daß sie unter dem hohen Druck der toten Rinde entstehen, daher an ihren äußersten Enden am schmalsten sind, sich also keilförmig zuspitzen. Diese keilförmige Verjüngung der sich über die tote Fläche ausbreitenden Überwallungsränder ist das charakteristische Merkmal des Brandes im Gegensatz zum Krebse, dessen Überwallungsränder nach der Wundstelle hin an Dicke zunehmen und sich wulstartig in den offenen Spalt, der den Krebsanfang bildet, hineinsenken.

Daß die Gewebe der Überwallungsränder je nach den Druckverhältnissen, unter denen sie entstehen, verschieden sind, ist leicht zu ermessen (vgl. darüber bei dem Abschnitt Krebs und Wunden).

In der Abb. 160 entspricht die dunkle Stelle *B* einer Frostplatte *p* in Abb. 158; *t* ist ein Rest der toten Rinde, deren gesunder Teil *R*, durch

die weißglänzenden Hartbastbündel *h b* kenntlich, von dem toten Gewebe durch eine schräg verlaufende, sich an die normale Korkbekleidung *K* bei *B* anlegende Korkzone getrennt ist. Der nach dem Frost entstandene Jahresring ist mit *J* bezeichnet. Wenn man denselben nach der Wundstelle hin verfolgt, sieht man, wie er spitz auskeilt und unter der aufgetrockneten, toten Rindenstelle *t' t* noch ganz fehlt. Erst der nächstjährige Ring würde sich dazwischen schieben. Der Bau dieses zugespitzten Überwallungsrandes ähnelt durch das nur sehr gering ausgebildete Parenchymholz und die bald auftretenden, dickwandigen Holzzellen nebst Gefäßen viel mehr dem normalen Holze als die lippenförmig sich aufwulstenden, holzparenchymatischen Überwallungsränder des Krebses (s. „offener Krebs").

Wir sehen in beistehender Abb. 160 über der Markbrücke (*m*) die normalen Jahresringe durch minder helle, hier grau erscheinende, sichelförmige Zonen *pz*, die fein keilförmig nach den Seiten hin ausstrahlen, unterbrochen. Diese Zonen bestehen aus dünnwandigerem, bisweilen gefäßlosem, verkürztem Prosenchym, bisweilen sogar der Hauptsache nach aus stärkereichem Holzparenchym. Die hier geraden Radien der Markstrahlen erscheinen bei üppig wachsenden Sorten geknickt und die longitudinal gestreckten Holzzellen und Gefäße diagonal bis horizontal verschoben.

Es ist vorhin gesagt worden, daß die Frostplatten als engbegrenzte, in allen Richtungen relativ geringe Ausdehnung zeigende Brandstellen anzusehen sind, die bis zu großen, ganze Baumseiten umfassenden Brandflächen alle Übergänge aufweisen. Außer bei Birne lassen sich auch bei Rotbuche leicht solche Frostplatten auffinden. An reichlich mit derartigen Platten besetzten Zweigen einer Buche ließ sich als die in das gesunde Gewebe am weitesten hineingehende, letzte Ausstrahlung der Frostwirkung die Bräunung des Inhalts einzelner durch das Mark zerstreuter Zellen nachweisen; diese Zellen haben unzweifelhaft einen anderen Inhalt als die übrigen, farblos gebliebenen Markzellen und nähern sich betreffs des Zellinhalts wahrscheinlich denen der Markkrone, die ebenfalls leicht gebräunt wird.

Die Bräunung teilt sich nicht, wie bei der Wundfäule, der Umgebung mit; denn die schon vorhandenen sowohl als die sich später noch bildenden Zellen in der nächsten Nähe der frostgebräunten Gewebe bleiben hellwandig und gesund. Die gebräunten Markzellen enthalten ebensogut Stärke wie die nicht angegriffenen, so daß die braune Färbung nicht von veränderter Stärke, sondern von einem anderen Stoffe herrühren muß. Nicht in allen Fällen leidet das Mark. Manchmal ist bei zwei- bis dreijährigen Zweigen der Holzkörper in der Weise gebräunt, daß die gelbe, gummiartig aussehende Ausfüllung der Gefäße bis zur Markkrone hin stattgefunden hat und auch die Markstrahlen bis nahe zum Zentrum gebräunt erscheinen, der Markkörper selbst aber ohne jede krankhafte Verfärbung ist. Solche Differenzen finden in demselben Zweige an verschiedenen Internodien statt. Indes bleibt als Regel, daß die ersten Anfänge der Bräunung sich durchschnittlich an einzelnen Zellen des Markes, namentlich auch der Markkrone, zeigen, daß zunächst nur der Inhalt und später erst die Wandung sich verfärbt, und daß diese Inhaltsfärbung auf einer Bräunung und Erstarrung der Zellflüssigkeit zu beruhen scheint. Die gummiartig festgewordene Masse kann beim Schneiden scharfkantig brechen. Ebenso meint Sorauer die Ausfüllung der Gefäße zum Teil auf

das Erstarren des flüssigen bereits vorhandenen Inhalts zurückzuführen müssen und dadurch mit Leichtigkeit die oft tropfenartige Formierung der Ausfüllungsmasse erklären zu können.

Der Bräunung im Markkörper folgt bei zunehmender Kältewirkung in der Regel die Verfärbung einzelner Markstrahlen und einzelner Bastparenchymgruppen in der Rinde. An den Rotbuchenzweigen ließ sich manchmal auch eine auf einzelne Gefäßbündel beschränkte Frostwirkung erkennen; die Verfärbung hält sich dann innerhalb zweier Hauptmarkstrahlen, ergreift zunächst den Markkronenteil des Bündels und schließt oft plötzlich mit einer Jahresringgrenze ab.

Man sieht bisweilen eine Gefäßwand noch gar nicht oder einseitig gebräunt, wenn der Inhalt schon gänzlich verfärbt erscheint. Es wurde erwähnt, daß an der Ausfüllung der Gefäße und Holzzellen sich auch die sekundäre Membran beteiligen kann; diese quillt zunächst auf, und zwar zuweilen bis zur Ausfüllung des Lumens einer Holzzelle oder eines engen Gefäßes, welche dann noch farblos und gleichmäßig lichtbrechend erscheinen. Daneben findet man Zellen und Gefäße in tiefer Bräunung; ihre auskleidende Masse liegt oft tropfenförmig der Wand an oder ist ringartig und scharf von der Membran abgegrenzt. In anderen Fällen ist zwischen der Auskleidungsmasse und der Zellhaut keine Grenze und hierbei die Beteiligung der Membran zweifellos. Es kommt auch vor, daß nur eine innere Lage der Zellmembran sich bräunt und quillt und schließlich erstarrt. Diese gequollene Lage hat dann am Innenumfange der Zelle oder des Gefäßes nicht mehr Platz und faltet sich nach innen, so daß sich ein farbloser Hohlraum zwischen der nach innen ausgestülpten, braunen Membranlamelle und dem äußeren, unverändert gebliebenen Teile der Wandung zeigt.

Bei der meist einseitig vorhandenen Bräunung des Kambiums ist in geringeren Stadien auch nur der Inhalt gebräunt, und erst nachträglich verfärbt sich die Wandung. Das direkt an das Herbstholz angrenzende Frühlingsholz scheint am empfindlichsten zu sein. Im Rindenkörper erkennt man, daß die bogenförmig von Rindenstrahl zu Rindenstrahl sich spannenden, in der Streckung voraneilenden Parenchymzellen weniger leiden als das von ihnen begrenzte kleinzellige Innengewebe.

Die hier erwähnten Beobachtungen repräsentieren häufige Einzelfälle, aber nicht durchgängig anzutreffende Erscheinungen. Erwähnt sei schließlich ein Fall bei Süßkirsche als besonders bemerkenswert. Der Markkörper des einjährigen Zweiges erschien an einer Seite bis über die Mitte hinaus zerklüftet, und in die entstandene Lücke wucherten fadenartig, wie bei den Wollstreifen des Apfelkernhauses (S. 412), die Zellen der Markperipherie. Gummosis war nicht vorhanden. Der Fall wurde bei den sogenannten „Frostrunzeln" beobachtet; er ist deshalb interessant, weil er die nachträglich im Mark wieder erwachte Wachstumstätigkeit zeigt, was im allgemeinen nur bei weichen Hölzern (*Tilia*) vorkommt.

Auch bei den Branderscheinungen findet sich als Regel, geradeso wie bei Krebs, mit der Zunahme der Parenchymmassen (Abb. 160, *ps*) zwischen den normalen Teilen des Jahresringes auch eine Zunahme der Gummiherde bei den Amygdaleen und der Harzherde bei den Koniferen. Bei dem Krebs kann man außerdem wahrnehmen, daß der Lockerung des Holzkörpers durch Parenchymholz eine Lockerung des Rindenkörpers in demselben Radius durch Schwächung des mechanischen Ringes entspricht;

es fehlen nämlich die Hartbastbündel in der Rinde der Überwallungsränder so weit, als im Holzkörper der letzteren die eigentlichen dickwandigen Holzzellen fehlen.

Abfrieren älterer Zweigspitzen.

Fast so regelmäßig wie der Blattabfall zeigt sich bei einzelnen unserer Holzgewächse ein Abfrieren der Zweigspitzen. Maulbeerbäume, Akazien und Himbeeren liefern die häufigsten Beispiele hiervon. Genauere Studien über diesen Punkt verdanken wir bereits v. Mohl[1]), der darauf hinwies, in wie verschiedenen Stadien sich unsere Holzgewächse bei Eintritt des Winters befinden (vgl. oben S. 536 Blattfall).

Bei manchen dauert das Wachstum der Zweige ungestört fort, solange die Bedingungen für die Weiterentwicklung überhaupt günstig sind, es erleidet nur durch die Frostperiode einen Stillstand und fährt sogleich wieder fort an der Stelle, wo es im Herbst aufgehört hat, sobald die Temperatur es gestattet. Dies ist bei dem Efeu (*Hedera helix*) und beim Sadebaum (*Juniperus Sabina*) der Fall. Bei vielen Bäumen schließt die Entwicklungsperiode eines Zweiges gegen Ende des Sommers von selbst dadurch, daß sich eine Endknospe bildet, welche im nächsten Frühjahr die unmittelbare Fortsetzung des Zweiges übernimmt, wie bei den Obstbäumen, bei Eichen, Eschen, Fichten und Tannen. Sehr häufig tritt der Fall ein, daß ein zweiter Trieb im Jahre, der Johannistrieb, hervorgelockt wird (vgl. S. 372); derselbe gibt nun nicht selten unreifes Holz, welches im Winter leicht erfriert, während das Holz des Frühjahrstriebes stets vollkommen ausreift. Eine dritte große Gruppe läßt im Laufe des Sommers bei einer ganz normalen Entwicklung die mitten in ihrer Entfaltung begriffene Spitze des Zweiges auf einmal abfallen. Die Fortsetzung des Zweiges übernimmt dann im nächsten Jahre die oberste Seitenknospe, wie dies *Gymnocladus Canadensis* und *Ailantus glandulosa* zeigen. Weitere Beispiele bieten die Linde, Ulme, Platane, Haselnuß, bei denen die morphologische Spitze mehr oder weniger deutlich verkümmert. Nun wies bereits v. Mohl nach, daß die Bäume, deren Zweigspitzen fast regelmäßig bei uns erfrieren, zu dieser letzten Gruppe gehören, deren Vertreter z. B. in Rom im Oktober bereits ebenfalls ihre Zweigspitzen so regelmäßig abgeworfen und ihre Vegetationsperiode damit faktisch beendet haben wie bei uns die Linde.

Bei den Bäumen wärmerer Klimate erfolgt bei uns ein solcher normaler Vegetationsabschluß in der Mehrzahl der Fälle nicht, und dies zeigt, daß unsere Sommer für sie zu kurz und zu kalt sind, um sie ihre vollständige Entwicklung beenden zu lassen. Der Frost trifft deshalb immer unreife Triebe. Hierher gehören *Robinia pseudacacia*, *Gleditschia*, *Sophora Japonica* *Broussonetia papyrifera*, *Morus alba*, *Rosa*-Arten, Magnolien, *Tamarix* und *Vitis vinifera*.

Bei unseren Obstbäumen pflegt man das Absterben der Zweigspitzen infolge der Winterkälte als „Spitzenbrand" zu bezeichnen; denselben Ausdruck brauchen die Forstleute für das Absterben der Spitzen junger Waldbäume in Frostlagen, besonders den Eichen, Buchen, Erlen, Weiden usw., an denen sekundär saprophytische oder parasitische Pilze auftreten, die im zweiten Teile dieses Handbuches ausführlich behandelt sind.

Auf die starke Frostempfindlichkeit altersschwacher Bäume ist bereits S. 48ff. aufmerksam gemacht worden. Außer bei den alten Obstsorten

---

[1]) Bot. Zeitung 1848, S. 6.

fällt diese besonders bei den Pyramidenpappeln auf, an denen zahlreiche Zweige Froststellen zeigen oder ganz abfrieren, während aus Oberitalien neu eingeführte diese Schäden am gleichen Orte nicht leiden.

Bei Weinstöcken verdient der Fall, daß die Stöcke bis auf das alte Holz herabfrieren, besonderer Erwähnung. Es entwickeln sich dann aus der Stammbasis ungemein üppige Reben, von denen man früher meist annahm, daß sie unfruchtbar im folgenden Jahre wären und erst im zweiten Jahre Fruchtholz trügen. Dieser Ansicht gegenüber haben die Untersuchungen von Müller-Thurgau[1]) ergeben, daß solches Holz doch schon im Herbst (August) seines Entstehungsjahres Fruchtaugen anlegen kann, und daß demgemäß die Behandlung des Stockes einzurichten ist.

Bei Rosen und anderen Pflanzen warmer Klimate, zum Teil auch bei den obengenannten, besonders aber bei weichholzigen und weitmarkigen Gehölzen (vgl. die S. 582 genannten, die im Herbstfroste gelitten hatten und die gleichen Folgen zeigten) bemerkt man oft die Erscheinung, daß während des Winters bei strenger Kälte Teile des Stamm- oder Zweigumfanges erfrieren und sich schwärzen. Trotzdem treiben diese über der Frostsetlle zunächst im Frühjahr aus, trocknen dann aber nach kürzerer oder längerer Zeit, sehr häufig bei Beginn der Sommerhitze, also der starken Verdunstung, ein, und der ganze Zweig oder Ast stirbt ab. Es zeigt sich, daß die von Frost getötete Stelle mit Beginn der Saftbewegung sich vergrößert und verbreitert hat, bis schließlich der größte Teil oder der ganze Stengelumfang abgestorben ist.

Diese Wirkungen der Winterfröste auf Stämme und Zweige werden öfter erst nach Monaten sichtbar; Belaubung, Blühen und öfter auch Fruchten eines Teiles oder der ganzen Pflanze können scheinbar ganz normal geschehen, bis plötzlich ohne jede andere äußere Ursache als etwa warmer Sonnenschein oder Wind Welken und Abtrocknen eintritt. Über in besonders strengem Winter in der Gärtnerlehranstalt und im Botanischen Garten in Dahlem geschädigte Pflanzen vgl. Graebner in Bericht der Kgl. Gärtnerlehranstalt Dahlem, f. 1916 u. 17, S. 93 (1919).

Über „spätblühende, gegen Spätfröste widerstandsfähige und über sehr frostempfindliche Obst- und Beerensorten" berichtet neuerdings Bissmann[2]).

β) Außerhalb der Winterruhe entstandene Frostschäden.

Abfrieren von Frühjahrstrieben[3]).

Wenn die Spätfröste den Baum zu einer Zeit überraschen, in welcher die Laubknospen sich zu strecken begonnen oder auch zu kurzen Trieben sich schon entwickelt haben, dann treten mannigfache Beschädigungen und Regenerationserscheinungen ein. Ein bei Kirschen vielfach vor-

---

[1]) Müller-Thurgau, Über die Fruchtbarkeit der aus den älteren Teilen der Weinstöcke hervorgehenden Triebe sowie der sog. Nebentriebe. Der Weinbau 1882, Nr. 28.

[2]) Bißmann, O., Deutsche Obstbauzeitung LXVII (1921), S. 98f.; vgl. Laubert, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXIII (1923), S. 25.

[3]) Vgl. auch Neger, Die Krankheiten unserer Waldbäume (1919), S. 14ff. — Pillichody, A., Von Spät- und Frühfrösten und über Frostlöcher. Schweizer. Zeitschr. f. Forstwesen LXXII (1921), S. 33—40, 2 Taf. u. Abb. (vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII [1922], S. 24f.). — Schädelin, W., Beiträge zum Kapitel Spätfrost, ebendort, LXXI (1920), S. 329—349. — Roth, J., Maifrostschäden an Exoten. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen, Wien XLVI (1920), S. 151—161. Beide vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 25.

kommender Fall stellt das Absterben des jüngsten Vegetationskegels in der sich erschließenden Laubknospe dar. Anfangs ist der Schaden nicht bemerkbar, da die sämtlichen Knospenschuppen intakt geblieben sind; nach einiger Zeit aber gibt eine eigentümliche Spreizung, hervorgerufen durch Rückwärtsschlagen der sehr turgeszenten Schuppen und das Ausbleiben des Triebes Veranlassung zur Untersuchung. Später kommen aus



Abb. 161. *A*: Zweig einer Süßkirsche. Die durch künstlichen Frost beschädigten Augen zeigen ihre Schuppenblätter fleischig verdickt und vergrößert und spreizend auseinander gebogen. *m*: Längsschnitt durch eine frostbeschädigte Knospe des nebenstehenden Zweiges. (Orig. Sorauer.)

den unverletzt gebliebenen Seitenaugen schwächlichere Nebentriebe und bisweilen gerade nach solchen Frühjahrsverletzungen auch verbänderte Triebe.

Sorauer hat derartige Störungen durch künstliche Frostwirkungen hervorgerufen. Abb. 161 stellt einen Kirschenzweig dar, an welchem die drei Augen durch den Frost ihren Vegetationskegel verloren haben. Die

im Frühling so äußerst energische vegetative Tätigkeit hat sich bei den beiden oberen Augen in der Weise geltend gemacht, daß die schuppenartigen Erstlingsblätter größer, dunkelgrüner und fleischiger geworden sind und sich nahezu wagerecht auseinandergespreizt haben. Am untersten Auge beginnt sogar eine Bildung von zwei seitlichen Ersatztrieben.

In Abb. 161 *B* findet sich der Zustand einer Knospe mit erfrorenem Vegetationskegel genauer dargestellt. Der Vegetationskegel *a* ist geschwärzt und vertrocknet und wird durch eine Korkschicht innerhalb des angrenzenden, lebendig gebliebenen Gewebes abgestoßen. In dem lebendig gebliebenen Teile des Achsenzylinders aber zeigen sich auch noch Frostwirkungen in Gestalt horizontaler Markzerklüftungen (Abb. 161 *B*, *l*) und -bräunungen, welche notwendigerweise die Funktion des Markes als Schwellkörper beeinträchtigen müssen und die Ursache sind, daß die Achse sich nicht so bald wieder in die Länge streckt. Die Spiralgefäße (*g*), welche in die Blätter (*bl*) abgehen, erscheinen ebenfalls stark gebräunt; dagegen ist das Parenchym (*p*) des Rindenkörpers wenig beschädigt und von ungemeiner Straffheit. Hier und da fanden sich zur Zeit der Untersuchung (21. Juni) bereits Spuren von Stärke. Es ist erklärlich, daß der fast fleischige Rindenkörper einen Überschuß an Wasser und Nährmaterial erhält und demgemäß eine erhöhte Arbeitsleistung übernehmen wird. Der hochgradig gesteigerte Wasserauftrieb ist auch als die Ursache des sparrigen Abstehens der durch den Chlorophyllgehalt ihrer inneren Gewebeschichten langlebiger gewordenen Knospenschuppen (*bs*) und schuppenartigen Blätter anzusehen.

Bei den in manchen Jahren innerhalb einzelner Lokalitäten häufigen Vorkommnissen dieser Art bemerkt man, daß in der Regel die bereits am weitesten in der Entwicklung fortgeschrittene Gipfelknospe ungestört weiter wächst. Dann erhalten die Zweige ein peitschenartiges Ansehen, indem ihre Spitze reich belaubt ist, während die unteren Internodien kahl bleiben. Eine andere bei älteren Birnentrieben bekanntgewordene Erscheinung bestand in der Schwärzung und dem Absterben der Basalpartie der jungen Triebe, die im übrigen noch grün erschienen und erst später vertrockneten.

Ein spezielles Studium hat Potonié den Erscheinungen des Wiederersatzes der durch Frost verlorenen Frühlingstriebe gewidmet[1]) (Eiche und Buche vgl. unten). Die einzelnen Baumarten verhalten sich verschieden. Bei manchen Arten scheinen aus den unverletzt gebliebenen Basalaugen der erfrorenen Zweige seitliche Triebe hervorzukommen, wie z. B. bei *Castanea sativa* sowie bei *Celtis*- und *Platanus*-Arten. Wenn der junge Trieb ganz zerstört ist, erfolgt bei vielen Pflanzen die Neubelaubung durch Austreiben „akzessorischer Sprosse". Manche Holzarten legen nämlich bei zunehmend kräftiger Zweigernährung in der Achsel eines Blattes nicht eine, sondern durch Sprossen des inneren Knospenstammes mehrere Knospen in einer Längsreihe an („Unterknospen"). Diese Unter- oder „Beiknospen" kommen unter normalen Verhältnissen nur bei kräftigen Trieben einzelner Gehölze (*Cercis*) zur Entwicklung; bei Störungen aber, wie z. B. bei starkem Beschneiden, bei Verbeißen und bei

[1]) Potonié, H., Über den Ersatz erfrorener Frühlingstriebe durch akzessorische und andere Sprosse. Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. XXII (1880), S. 81. — Vgl. auch Laubert, R., Notizen über die diesjährigen Aprilfröste. Gartenflora LX (1911), S. 274—280. — Schäden und Frühjahrsfröste. Gartenflora LXI (1912), S. 266—269 (*Sorbaria*, *Lonicera Tatarica* usw.).

Frost, der den aus der Hauptknospe entstandenen Trieb vernichtet, bilden sie auch bei anderen Gehölzen das Ersatzmaterial, wie z. B. bei *Calycanthus floridus, Cercis siliquastrum, Gymnocladus, Liriodendron tulipifera* und *Robinia pseudacacia,* welche bis vier in der Blattstielbasis versteckte Unterknospen entwickelt. Andererseits kann auch der Ersatz aus anderen, ebenfalls schon vorjährig angelegten, den sogenannten „Säumaugen" beschafft werden. Es sind dies in den Achseln basaler Knospenschuppen bisweilen regelmäßig zur Ausbildung gelangende Augen, wie man bei manchen Weidenarten deutlich wahrnimmt. Wenn die aus zwei Schuppen verwachsene Knospendecke abfällt, sieht man jeder Schuppenhälfte entsprechend eine Achselknospe, die bei Verunglücken des Hauptzweiges zunächst Ersatz bilden kann.

In anderen Fällen greift der Baum zum Ersatz auf seine schlafenden Augen vorjähriger Triebe zurück, wie sich bei *Rhus, Carya glabra* und *Juglans rupestris* vorzugsweise beobachten ließ, während *Carya amara* und *Pterocarya fraxinifolia* vorwiegend Unterknospen zur Entfaltung brachten. Die Koniferen pflegen die erfrorenen Sprossen sowohl durch ein Erwecken bisher schlafender Augen als auch selbst durch Neubildung von Knospenanlagen in bisher knospenlosen Blattachseln, namentlich aus den Achseln der Schuppen an der Basis des Jahrestriebes zu ersetzen.

Bei Weinstöcken erfolgt die Regeneration, wenn der Frost das Hauptauge getötet hat, aus den Nebenaugen. Hier kommt es nun sehr auf die Zeit der Frostwirkung an. Ist der Tod des Hauptauges schon so früh im Jahre erfolgt, daß es zu seiner Streckung noch sehr wenig Reservestoffe verbraucht hat, dann reicht häufig das in der Rebe vorhandene Reservematerial noch aus, die Nebenaugen derartig zu kräftigen, daß noch Blütenknospen angelegt werden können. Stirbt das Hauptauge jedoch erst durch Maifröste, dann entwickeln sich die Triebe aus den Nebenaugen zwar kräftig, aber ohne Blütenansatz und können erst im nächsten Jahre allenfalls zur Fruchtbarkeit gelangen.

Über die Entstehung zahlreicher Blütenstände an den durch Frost beschädigten Zweigen von *Morus,* besonders am Grunde der abgefrorenen Frühjahrstriebe berichtet Daikuhara[1]).

Einen eigenartigen Fall an Apfelbäumen in Norwegen beschreibt Sorauer[2]); es waren die jungen Fruchtzweige tonnenartig angeschwollen und zwischen ihnen der Terminaltrieb abgestorben. Neben gewissen Gewebebräunungen, die durch Frost veranlaßt sind, fanden sich im Marke eigentümliche Maserbildungen aus Gefäßbündelsträngen, aus denen Sorauer schließt, daß der betreffende Zweig zur Zeit der Beschädigung sich noch in sehr jugendlichem Zustande befand, und daß es sich dabei um Neubildung in dem durch den Frost gelockerten bildungsfähigen Gewebe handelt.

Für das Studium der Wirkung von Frühjahrsfrösten durch die Zerstörung der jungen Triebe ist wohl kaum ein Gebiet geeigneter als das der Lüneburger Heide, weil wohl nirgends die unzeitgemäßen Fröste in den Frühjahrs- und Sommermonaten so häufig zu finden sind wie hier[3]). —

---

[1]) Daikuhara, G., On the formation of flowers after frost. Bull. Imp. Centr. Agric. Exp. Stat. Jap. I, Nr. 2, Tokio.

[2]) Sorauer, P., Tumor an Apfelbäumen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 27—36, Taf. 1, 2.

[3]) Vgl. Graebner, Handbuch der Heidekultur, S. 241; Beitr. z. Kenntn. nichtparasit. Pflanzenkrankh. an forstl. Holzgew. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes. XLI (1909), S. 421ff.

Im wesentlichen ist das Klima der Heide, was den Gang der Temperatur anbetrifft, ausgezeichnet durch milde, infolgedessen auch feuchte Winter und ziemlich kühle Sommer; während im östlichen Teile des norddeutschen Flachlandes die mittlere Wintertemperatur 3° oder gar bis unter 4° unter Null beträgt, bleibt sie in vielen Teilen des nordwestdeutschen Flachlandes zwischen 1° und 2° über Null. Die mittleren absoluten Minima übersteigen in Nordwestdeutschland oft — 12° kaum, die des Ostens erreichen oft 20°. Die Zahl der Eistage, das heißt die Zahl der Tage, an denen die Temperatur im Schatten nicht auf 0° steigt, ist im Westen etwa 20—24, im Osten steigt sie stellenweise bis 50 oder gar höher. Die Meteorologischen Tabellen zeigen im ganzen einen späten Eintritt der ersten und einen frühen Eintritt des letzten Frostes, also im ganzen eine Verkürzung des Winters, ohne daß nach dem Aufhören des Frostes eine starke Temperaturerhöhung und damit Vegetationsförderung (wie in den hierin oft ähnliche Verhältnisse zeigenden Steppengebieten) eintritt.

Gerade im Jahre 1907 wurden die Frühjahrsfröste besonders stark bemerkbar dadurch, daß in den Nächten des 24. und 25. Mai das Thermometer bei Munster i. Hann. mehrere Grad unter den Gefrierpunkt sank[1]). Eichen, Buchen, Fichten und Tannen waren an irgendwie exponierten Stellen stark angegriffen, ihre jungen Triebe waren zum Teil bis auf das vorjährige Holz zurückgefroren. Namentlich an manchen kleineren Beständen war auch kaum ein Stückchen der jungen Triebe erhalten geblieben.

Die an besonders stark dem Froste öfter ausgesetzten Stellen stehenden Exemplare aller vier obengenannten Baumarten (und auch die gleichfalls stark angegriffene Lärche) zeigten neben der durch das häufige Abfrieren der Zweigspitzen hervorgerufenen Vielästigkeit und Kurzzweigigkeit namentlich einen starken Flechtenbehang. Die älteren Zweige waren, wie die Stämme, oft ganz in einem Mantel von Krusten- und Strauchflechten verborgen und bei genauerer Betrachtung fand man, daß sehr häufig schon auf dem zweijährigen Holze die ersten Anflüge der Flechten zu bemerken waren. Da so starke Flechtenansiedlungen bekanntermaßen den Bäumen außerordentlich schädlich sind und starke Deformationen, namentlich der Atmungsorgane hervorbringen (Tubeuf[2]) hat solche an Weymouthskiefern beschrieben), so ist der Zusammenhang zwischen der Frostwirkung und der Flechtenbildung sehr wichtig (vgl. S. 182ff.).

Eiche. Beim Aufspalten jüngerer Zweige eine Zeitlang nach dem Eintritt der Frostwirkung, nachdem schon die Sonnenwärme wieder ihre Wirkung ausgeübt hatte, zeigte sich schon bei makroskopischer Betrachtung, daß an den nicht völlig erfrorenen Zweigen stets die Teile des Kambiums und Rindenparenchyms am stärksten gelitten hatten, die sich in der Nähe der Blattknospen befanden. Dort waren sehr häufig kleinere oder größere,

---

[1]) Wie lokal diese Fröste (besonders auf den mit Heide bedeckten Flächen) auftreten, zeigen die Aufnahmen der beiden Stationen Lüneburg und Celle, die beide in den betreffenden kritischen Tagen keinen Frost registrierten:

1907	Lüneburg		Celle	
Mai	Max.	Min.	Max.	Min.
23.	23,7°	7,2°	23,8°	9,7°
24.	23,7°	13,0°	24,5°	13,7°
25.	20,7°	12,5°	24,7°	11,3°
26.	23,9°	9,0°	26,0°	11,0°

[2]) Tubeuf, Naturwissenschaftl. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. 1906.

stark gebräunte Flecke bemerkbar, deren Vernarbung dem Baume naturgemäß Schwierigkeiten bereiten mußte. Am häufigsten war die stärkere Parenchymschicht, die sich zwischen die in die Knospen (resp. in den schon entwickelten jungen Trieb) führenden Gefäßbündelstränge und den Holzzylinder bzw. das Kambium etwa keilartig einschiebt („Markbrücke"), erfroren; die Zellgruppen waren in der charakteristischen Weise zerrissen.

Die Untersuchung des im Frühjahr entnommenen Materials ergab, was schon bei oberflächlicher Betrachtung auffällt, daß nämlich die Tiefe des Eindringens des Frostes eine sehr verschiedenartige ist; so konnten z. B. an vielen Beständen, die durch beigemischte ältere Kiefern geschützt wurden, höchstens erfrorene Blattspitzen aufgefunden werden, während an anderen freistehenden die Frostspuren bis in das zweijährige, ja dreijährige Holz verfolgt werden konnten.

Eine verhältnismäßig milde Form, die aber schon recht energische Störungen hervorruft, ist das nur teilweise Abfrieren der jungen Triebe, von denen namentlich die längeren und kräftigeren in ihrem unteren Teile erhalten bleiben. Bei diesen fand häufig die Verjüngung durch Seitentriebe statt, die mitunter im August bereits ein scheinbar ganz normales Wachstum zeigten; der Trieb machte den Eindruck, als ob die Spitze abgebrochen sei und dann durch Seitentriebe, die kräftig heranwuchsen, ersetzt würde. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß aber auch hier kranke Stellen vorhanden waren. Das Abfrieren der Zweigspitze geschieht selten gleichmäßig ringsum, sondern an der Windseite ist die Abtötung der Gewebe tiefer hinab erfolgt, das heißt unterhalb der gänzlich abgefrorenen Spitze ist oft der Trieb noch einseitig erfroren, und zwar entweder nur oberflächlich durch teilweise Vernichtung des Rindengewebes oder auch der Holzkörper und damit natürlich auch das Kambium sind in Mitleidenschaft gezogen. Ist diese einseitig geschädigte Stelle einigermaßen groß, so kommen später aus den Augen der meist gut erhalten gebliebenen Blätter an der geschützt gewesenen Seite neue Sprosse zum Vorschein, die als Ersatztriebe dienen sollen und auch oft dienen. Die ihnen abgewandte erfrorene Seite trocknet an der Sonne bald ein und die Wundränder beginnen längs des Zweiges verlaufende Überwallungswülste zu erzeugen, die meist schon im zweiten Jahre die Wunde schließen. War der Trieb zur Zeit des Frosteintrittes noch sehr jung, so ergibt sich durch die spätere Streckung der gesund gebliebenen Seite, der der erfrorene Teil nicht mehr folgen kann, eine eigentümliche Krümmung, die bis zur Rückwärtsbiegung des Zweiges führen kann und mit zur Erzeugung der charakteristischen sperrigen Tracht der Frostbäume beiträgt. War das Längenwachstum schon vollendet, erfolgt keine Krümmung. Solche Zweige sind später äußerlich leicht kenntlich durch eine ungleichmäßige Verdickung des Zweiges, auf dessen einer Seite (der ehemals erfrorenen) eine Längsfurche zwischen den wulstartig hervorspringenden Seiten herabläuft. Beim Durchschneiden findet man dann unschwer die abgestorbenen, jetzt durch das Dickenwachstum eingeschlossenen Teile.

Wohl auf kurze, aber starke Fröste ist die oft beobachtete Erscheinung zurückzuführen, daß auch noch bei älteren Zweigen, von dem abgetöteten Holz- und Rindenteil ausgehend, sich ein Längsspalt bis zur obengenannten Furche verfolgen ließ, der also radial den eingeschlossenen toten und den lebenden jüngeren Holzkörper durchsetzt. Der zumeist schmale, oft mit bloßem Auge deutlich sichtbare Spalt ist an den Rändern mit schwarzen

Zellresten usw. belegt, läßt aber meist zwischen diesen schwarzen Lagen einen schmalen Luftraum frei.

An den Rändern der Überwallungswülste und später auch an älteren Zweigen auf den dauernd von neuem verletzten und dann zur Seite geschobenen, krebsartig erscheinenden Wülsten selbst bzw. in den darauf gebildeten Spalten und Furchen siedeln sich häufig schon sehr frühzeitig Flechten an, die nun durch die dichte Bedeckung den Hauptspalt vor dem starken Austrocknen schützen und dadurch die stärkere Fäulnis der toten Teile innerhalb des Spaltes befördern, so daß man hin und wieder ein deutlich fortschreitendes Absterben der parenchymatischen Holzzellen an den Spalträndern bemerken kann, also eine dem echten Krebs (vgl. denselben) analoge Erscheinung.

Am häufigsten treten aber, wie bemerkt, die Schädigungen an den Knospen bzw. am Grunde der jüngeren Triebe auf. Auf Längsschnitten durch jüngere Zweige sieht man schon mit bloßem Auge im Frühsommer die gebräunten Stellen, deren Zellverbände sich unter dem Mikroskop als zerrissen erkennen lassen. Dadurch, daß am Grunde der Blattknospen oder der jungen Triebe nun noch lebendes Gewebe sich zwischen die abgestorbenen Stellen erstreckt, das erstere sein Wachstum fortsetzt und auch gegen die toten Zellen Abgrenzungsgewebe erzeugt, entstehen kleine Spalten und Risse, deren Wände mit borkigem Gewebe bekleidet sind. Diese Spalten sind augenscheinlich günstige Ansiedlungspunkte für Flechten und ihre Pilze. Mehrfach fand sich schon bei den im Mai erfrorenen Teilen Mitte August in den Rissen Myzel vor. Eine solche Knospe ist durch den Zuwachs der lebenden Teile auseinandergezogen, die einzelnen toten Blättchen haben sich getrennt, und im Jahre darauf waren die Reste der Knospe schon ganz dicht mit jungen Flechten bedeckt. War die Knospe schon zu einem jungen Zweige entwickelt, so ist das Bild sehr ähnlich, der Trieb wurde dann später abgestoßen, an Stelle der zahlreichen einzelnen Schuppenblätter usw. gliedert sich der Grund des Triebes unregelmäßig ab. Zumeist sind die dann schon stärker entwickelten Gefäße eine Strecke abwärts in den Körper des Ursprungszweiges hinein mit abgetötet, häufig, wie es scheint auch sekundär, dadurch, daß zersetzter Saft (einschließlich des Protoplasmas) mechanisch in ihnen weitergeleitet wird und sie durch die Wirkungen desselben zum Absterben gebracht werden (vgl. S. 185f.).

Ist eine Abtötung der Gefäße usw. nur in geringem Maße erfolgt, so sind die Wirkungen bei der Vernarbung keine erheblichen; die toten Zellen werden dann oft in die Neubildungen eingeschlossen und zeigen sich an älteren Zweigen als braune Masern im Längsschnitte. Sobald aber größere Partien der Leitungsgewebe dabei in Mitleidenschaft gezogen sind, treten bei dem Wundverschluß Zellbildungen in verstärktem Maße auf, die Froststellen markieren sich als wulstige Vorwölbungen, die besonders dann stark werden, wenn der erfrorene Zweig am Grunde schon so stark verholzt ist, wenn seine mechanischen Elemente schon so stark entwickelt sind, daß die sich neu bildenden Zellen ihn nicht mehr abtrennen können, sondern die toten Zapfen vom Wundparenchym umschlossen werden müssen. Dadurch kommt ein dem Astwurzelkrebs (vgl. denselben unten), wie er ja namentlich an Apfelbäumen sehr bekannt ist, ähnliches Bild zustande. Jedenfalls bilden alle diese dickeren Überwallungswülste eine starke Hemmung für den Saftauf- und -abtrieb im Zweige, und wenn sie, wie bei den meisten Exemplaren in Frostlagen, sich an einem Aste oder

Zweige in größerer Zahl finden, dadurch das oft knotige Aussehen der Bäume veranlassend, so sind sie allein schon genügend, einen Krüppelwuchs, wenigstens für eine Reihe von Jahren, zu bewirken. Hin und wieder können solche Anschwellungen fast kropfartig dick werden. Dazu kommt noch die Flechtenansiedlung, für die solche Astwurzelwucherungen ein außerordentlich geeignetes Substrat bilden. Schon an vier- und fünfjährigen Zweigen kann man alles von ausgewachsenem Flechtenrasen bedeckt finden. Sind mehrere solcher alten Frostwunden genähert, wachsen die rasenbildenden Flechtenarten auf der Zweigoberfläche entlang, und die Rasen vereinigen sich zu einem den Zweig allmählich völlig einkleidenden Mantel[1]).

Die Eiche ist in freien Lagen der Heide, besonders in jugendlichen Exemplaren, noch dadurch besonders anfällig, daß sie augenscheinlich gegen Fröste während der Zeit der Belaubung außerordentlich empfindlich ist, empfindlicher als die übrigen Waldbäume. So sah Graebner einmal am 2. Juli bei Lopau in der Oberförsterei Munster erfrorenes Eichenlaub. Die Eichen wie auch die anderen Kulturgewächse sind naturgemäß durch die S. 168ff. beschriebenen Schädigungen durch die ungünstigen Bodenverhältnisse in der Heide geschwächt und erliegen deshalb leichter den Frösten. In die abgestorbenen und geschädigten Zweige dringen dann leicht Pilze (*Fusicoccum, Valsa* usw.[2]) ein.



Abb. 162. Stellenweise erfrorener Eichenzweig (Astwurzelkrebs). Bei *f* die toten Rindenteile. (Graebner.)

Hat die Buche (*Fagus silvatica*) Wurzel gefaßt, so regeneriert sie sich ganz erheblich leichter als die Eiche. Auf ganz freier Lage inmitten der Heide in Graebners Versuchsgarten bei Munster i. Hann. waren noch nach sechs Jahren, nachdem sie alljährlich heruntergefroren waren, eine Anzahl lebender Exemplare vorhanden, die stets im Herbste wieder mit gesunden Winterknospen besetzt waren. Sobald ein einigermaßen guter Schirm von Nadelholz, namentlich von Kiefern, vorhanden ist, leidet die Buche anscheinend nirgends unter Frösten, es sei denn an ganz nassen Niederungsstellen, die ja überhaupt für den Baum ungünstig sind (vgl. O. v. Bentheim und Erdmann).

Die Frostschäden waren im äußeren ebenso wie im anatomischen Bilde denen der Eiche ähnlich, nur nicht so tief gehend. Unter denselben Verhältnissen, wie sie oben bei der Eiche geschildert wurden, war in keinem Falle älteres als einjähriges Holz angefroren. Entsprechend war auch der Flechtenbehang ein viel geringerer. Selbst an ständig von Frösten getroffenen Stellen waren die Flechten nur stellenweise in großen Rasen angesiedelt; die neu gebildeten Ersatzzweige der Buche waren viel schlanker und dienten besser dem Ersatz der natürlichen Tracht der Pflanze, besonders da einseitig erfrorene Zweige hier völlig zugrunde gehen, während diese, wie bemerkt, bei der Eiche meist zum Teil erhalten bleiben, verkümmern und dadurch zu der krüppelhaften Frucht der Frosteichen wesentlich beitragen.

Fichte und Tanne leiden gleichfalls auf der offenen Heide unter den Frühjahrsfrösten, die Eingriffe in den Pflanzenkörper sind aber meist

---

[1]) Graebner, P., Die Pflanzenwelt Deutschlands, Lehrbuch der Formationsbiologie. Leipzig 1909, Abb. 118. Vgl. auch oben S. 183f., Abb. 87, 88.

[2]) Graebner, P., Handbuch der Heidekultur, S. 221.

bei weitem nicht so tief wie bei den Laubhölzern. Die jungen Sprosse frieren bis zum Grunde ab und trocknen ein; schon am vorjährigen Holze ist meist kein Frostschaden mehr zu bemerken. Der Grund ist wohl zum Teil in der dichten Nadelbedeckung des vorjährigen Triebes zu suchen, der dadurch selbst, die gleiche Empfindlichkeit wie bei den Laubhölzern vorausgesetzt, ebenso geschützt erscheint wie ein im Nadelholzbestande stehendes Laubgehölz.

Sehr bald nach der Abtötung der jungen Triebe beginnen die Ersatzknospen, die ruhend blieben, sich zu stärken; sie treiben aus, und häufig ist sehr bald an Stelle der meisten abgefrorenen Sprosse ein neuer getreten. Nur der Gipfeltrieb bleibt meist kahl, es bilden sich wohl neben dem abgestorbenen Endtriebe ein oder mehrere neue Zweige aus, aber einer davon richtet sich als neuer Fortsetzungsprozeß des Stammes auf, und der Jahresquirl fehlt dann ganz, oder er ist doch nur lückenhaft ausgebildet. Ohne Schutz leidet die Tanne meist stärker als die Fichte.

Es scheint, als ob die Nadelhölzer überhaupt viel eher imstande sind, ihre Tracht wiederzuerlangen, nachdem sie abgefroren waren. Nicht nur die Fichte und auch die Tanne ergänzten ihre Triebe sehr bald, so daß man oft nach einem Jahre die Spuren des Frostes (abgesehen natürlich von den kürzeren Jahrestrieben) nur noch nach einigem Suchen finden kann, sondern in Munster zeigten auch *Picea pungens* und *Pseudotsuga taxifolia*, die Douglastanne, diese Eigenschaft; namentlich die erstere erwies sich mit Ausnahme der Kiefer als das bei weitem gegen die Witterungseinflüsse widerstandsfähigste Gehölz unter allen dort angepflanzten. Die Douglastannen froren stets sehr stark zurück, sobald Frühjahrsfröste eintraten, aber auffallend große Mengen kräftiger und langer Triebe kamen stets von unten wieder herauf, so daß die Pflanzen trotz der vielen abgefrorenen Spitzen nicht eigentlich einen krankenden Eindruck machten. Die Nadelhölzer mit Ausnahme der Lärche, die sich ganz ähnlich wie die Eiche verhielt, erwiesen sich im ganzen viel regenerationsfähiger als die Laubhölzer.

Falsche Jahresringe, Doppelringe.

Daß die Größe und Beschaffenheit eines jeden Jahresringes bei den Holzpflanzen von der Menge und Art der Blattarbeit abhängig, ist genügend bekannt[1]) und namentlich in der forstlichen Literatur eingehend behandelt. Jede längere Unterbrechung der Arbeit des Laubapparates macht sich im Holzkörper geltend und kann zum Aussetzen der Holzbildung an einer Baumseite oder an der Stammbasis und dem Wurzelkörper führen. Wenn das im Frühjahr tätig gewesene Kambium nach einer Periode der Untätigkeit zu neuer Vermehrung in demselben Jahre angeregt wird, beginnt es mit der Bildung eines neuen Frühlingsholzes, das bald langsamer, bald schneller in das Herbstholz übergeht, und es entsteht auf diese Weise das Bild eines neuen normalen Jahresringes. In solchen Fällen zeigen sich halbseitige oder den ganzen Stammumfang umfassende Doppelringe.

Genaue Studien darüber verdanken wir Kny[2]), der besonders klar bei *Tilia parvifolia* feststellen konnte, daß nach dem Austreiben der Knospen an Trieben, die durch Raupenfraß völlig entlaubt worden waren, sich ein

[1]) Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, S. 25 und an anderen Orten. Hier auch die betreffende Literatur.

[2]) Kny, L., Über die Verdoppelung des Jahresringes. Verh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1879. Hier auch Besprechung der früheren Ansichten.

zweiter Holzring bildete. Die Grenze zwischen dem neugebildeten Frühlingsholz und dem vor der Entblätterung entstandenen Holzringe war scharf. Mehrfache Beispiele über die Abhängigkeit der Jahresringbildung von der Zeit der Entblätterung finden wir bei Ratzeburg[1]). Da verschiedene Insekten zu verschiedenen Zeiten im Jahre Kahlfraß verursachen, sieht man bald in demselben Jahre, bald aber auch erst im folgenden (bei mangelhafter Ablagerung der Reservestoffe) die Schwächung im Holzzuwachs.

Wenigstens in manchen Gegenden ist als Ursache der Ausbildung falscher Jahresringe viel häufiger als Fraß die Frostwirkung anzusehen. Im Jahre 1895 veröffentlichte R. Hartig[2]) eine Abhandlung, in welcher er Frostringe bei Kiefer und Fichte beschrieb. Er gedenkt dabei auch einer anderen mechanischen Wirkung, nämlich einer durch Turgorverlust hervorgerufenen Erschlaffung der Triebe, wodurch eine Krümmung verursacht wird. Diese Krümmung der Zweige bleibt bestehen, so daß man sie im folgenden Jahre wiederfindet. Die Erschlaffung kann auch infolge der Zerstörung des Markparenchyms eintreten. In der letzten Auflage seines Lehrbuches[3]) wird von ihm ein Frostring aus dem Holze einer Kiefer und einer Fichte abgebildet und dazu bemerkt: „An älteren Stammteilen der Kiefern zeigte sich, daß in jedem Spätfrostjahre ein sogenannter Doppelring entstanden war. Ich habe später auch an Fichten und anderen Nadelhölzern dieselbe Tatsache konstatiert, daß ein Spätfrost nicht die jüngsten Triebe allein schädigt, sondern oft noch in den zehnjährigen Stammteilen ‚Doppelringbildung' hervorruft."

Eine gleiche Störung im Bau des Jahresringes beschreibt und zeichnet O. G. Petersen[4]) von Buchen, die am 17./18. Mai 1901 in Mittel-Seeland stark vom Frost gelitten hatten. Schon früher hatte Nördlinger[5]) eine ringförmige Unterbrechung in der normalen Holzbildung als eine rötliche Gewebelinie beobachtet. Auch anderweitig finden sich entsprechende Mitteilungen und Beobachtungen, die neue Gesichtspunkte aber nicht enthalten. Eine Erweiterung unserer Kenntnis der Störungen in der Jahresringbildung brachten die Studien über die Krebserscheinungen. Bei dem Apfelkrebs hat Sorauer nachgewiesen, daß ein Jahresring, der auf der gesunden Zweigseite einfach und normal ist, auf der krebsigen sich fächerförmig in mehrere Ringzonen spaltet. Wie solche Lockerungen zustande kommen, beweisen seine Studien bei Eichen.

Kirschbaumsterben.

Als einen speziellen Fall der durch starke Frühjahrsfröste bewirkten Erscheinungen betrachten wir die seit Ende des vorigen Jahrhunderts viel besprochene Erkrankung der Süßkirschen in den Kreisen St. Goar, St. Goarshausen und Unterlahn, wie es ganz ähnlich auch in Nordostdeutschland, Litauen usw. beobachtet ist.

Nach dem aus der Rheingegend zugegangenen Material[6]) und nach

---

[1]) Ratzeburg, Waldverderbnis I, S. 160, 234, II, S. 154, 190.

[2]) Hartig, R., Doppelringe als Folge von Spätfrost. Forstl. naturw. Zeitschrift 1895, S. 1—8.

[3]) Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten 1900, S. 220, 221.

[4]) Petersen, O. G., Natterfrostens virkning paa Bögens ved.; Det forstlige Forsögsvaesen, I, 1904.

[5]) Nördlinger, Die fetten und die mageren Jahre der Bäume. Kritische Blätter f. Forst- u. Jagdwissenschaft 1865, Bd. 47, H. 2.

[6]) Sorauer, P., Das Kirschbaumsterben am Rhein. D. Landw. Presse 1900, S. 201.

anderweitig beobachteten Fällen äußert sich die Erscheinung in der Weise, daß ziemlich plötzlich ein Gelbwerden des Laubes einzelner Zweige oder der gesamten Krone sich einstellt und, meist unter Auftreten reichlichen Gummiflusses, die Zweige oder selbst der ganze Stamm absterben. Manchmal treiben auch die Zweige noch an der Spitze weiter, während sie am übrigen Teile kahl bleiben. Die mikroskopische Untersuchung stellt hochgradige Gummosis fest; selbst in den jüngsten Trieben waren bereits Gummilücken zu finden. Im Holz- und Rindenkörper fanden sich vielfach jene Bräunungserscheinungen, die wir später bei der Beschreibung der Wirkung künstlicher Fröste noch schildern werden, und zwar waren dieselben selbst bei anscheinend noch gesunden Trieben, Blättern und Fruchtstielen nachweisbar. In älterem Holze sah man mehrfach bestimmte Formen von Gewebezerklüftungen, die mit den durch künstliche Fröste hervorgerufenen übereinstimmen. Auf Grund dieses Befundes war Sorauer der Ansicht, daß nicht nur bei dem „Rheinischen Kirschbaumsterben", sondern auch bei den vielfach, aber meist in geringerer Ausdehnung sich zeigenden ähnlichen Fällen eine Frostwirkung zur Zeit des Frühlingstriebes als hauptsächlichste Ursache anzusehen ist.

Für die am Rhein belegenen Lokalitäten schildert Göthe[1]), der dieser Ansicht beitritt, die Witterungsverhältnisse im Jahre des Erscheinens der Krankheit folgendermaßen: Die Kirschen standen schon in Blüte, als sie am 22. März von einer Kälte von — 9,7° C überrascht wurden; es zeigten sich im Laufe des Frühjahrs abnorm starke Schwankungen zwischen strenger Kälte und hohen Wärmegraden. — Solche Witterungskontraste hält Sorauer für die Ursache äußerst zahlreicher Fälle von Nachwirkungskrankheiten, die bei den Steinobstgehölzen fast stets mit starker Gummosis verbunden sind und von der Ansiedlung von Wund- oder Schwächeparasiten begleitet werden. Auch für den speziellen Fall am Rhein hat man anfangs einen derartigen Pilz, *Valsa leucostoma*, verantwortlich gemacht[2]). Bald darauf wies aber schon Wehmer[3]) darauf hin, daß dieser Pilz, der von Frank zunächst als *Cytospora rubescens* beschrieben worden war, nicht imstande sei, die Krankheit hervorzurufen, sondern nur ebenso wie das gleichzeitige Auftreten von Bakterien als sekundäre Erscheinung zu betrachten sei. Den experimentellen Beweis dafür, daß die *Valsa* nicht imstande sei, sofort in gesundes Gewebe einzudringen, führte zunächst Aderhold[4]). Er fand bei seinen künstlichen Gefrierversuchen, daß eine Mitwirkung von Spätfrösten für das Wuchern des Pilzes unverkennbar wäre.

Betreffs des genannten Pilzes war Aderhold der Ansicht, daß, wenn der Pilz auch zunächst die durch Frost oder andere Ursachen hervorgerufene Verwundung nötig habe, um sich anzusiedeln, er später aber sich so kräftigen könne, daß er sich parasitär (? s. S. 25) weiter ausbreite. Diese Anschauung deckt sich mit der von Vuillemin[5]) betreffs der 1887 in Lothringen beobachteten Kirschenkrankheit, die große Ähnlichkeit mit der

[1]) Göthe, R., Das Absterben der Kirschenbäume in den Kreisen St. Goar, St. Goarshausen u. Unterlahn. D. Landw. Presse 1899, S. 1111.

[2]) Frank, A. B., In D. Landw. Presse 1899, Nr. 83, S. 949.

[3]) Wehmer, Zum Kirschbaumsterben am Rhein. D. Landw. Presse 1899, Nr. 96.

[4]) Aderhold, R., Über das Kirschbaumsterben am Rhein, seine Ursachen und seine Bekämpfung. Arb. d. Biolog. Abt. f. Land- u. Forstw. am Kais. Gesundheitsamte. Berlin 1903, Paul Parey und J. Springer, III, Heft 4.

[5]) Vuillemin, Paul, Titres et travaux scientifiques. Paris, Typographie, A. Davy 1890, 4°.

vorliegenden zeigt. Als Ursache wird *Coryneum Beijerinckii* bezeichnet, zu der der Verfasser *Ascospora Beijerinckii* als Schlauchform zieht. Als Ansicht der genannten Forscher würde sich also ergeben, daß klimatische Ursachen den Krankheitsboden geschaffen haben, aber der Pilz immerhin die Krankheit erzeuge. Demgemäß müsse bei der Bekämpfung alles mit *Valsa* oder deren Konidienform, der *Cytospora*, besetzte Holz sorgfältig vernichtet werden.

Über das richtige Verhältnis dieses Pilzes zur Krankheit erlangen wir aber erst einen Einblick durch die Impfversuche, welche Lüstner[1]) ausgeführt hat. Er nahm unter anderem zwei Kirschbäumchen von verschiedenen Sorten und knickte ihnen die Kronen ab. Das abgeknickte Ende und das stehengebliebene Stammstück wurden mit den Konidien des Pilzes geimpft und außerdem nachher noch mit konidienhaltigem Wasser bestrichen. Da die Krone infolge der Knickung nicht absterben wollte, wurde sie später abgeschnitten und an ihren Stamm angebunden. Bis Ende Oktober hatte sich der Pilz, wie Abb. 163 an den mit × bezeichneten Stellen zeigt, über das abgeknickte und abgestorbene Gipfelende ausgebreitet, während der übrige Teil des Stammes, obgleich in derselben Weise geimpft, vollständig gesund blieb und wieder austrieb. Die Impfwunde war dort normal ausgeheilt.

Ähnliche Ergebnisse zitiert Lüstner von Beijerinck und Rant (Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, II. Abt., Bd. XV, S. 374), die mit einer *Cystospora* auf Pfirsischen und Kirchen Gummifluß nicht hervorrufen konnten und nichts über ein Eingehen der geimpften Äste berichten.

Gestützt auf diese Versuche und eigene Beobachtungen, betrachtet Sorauer nicht nur die vorliegende Erkrankung, sondern auch die anderen durch *Valsa*-Arten bzw. deren Pyknidenformen hervorgerufenen Erkrankungen als Vorkommnisse unter Mitwirkung von Schwächeparasiten, bei denen nur das Krankheitsbild durch den Pilz bestimmt wird. Die Pilze kommen erst zur Ansiedlung, wenn der Ast infolge von Ernährungsstörungen durch Witterungs- oder Bodeneinflüsse u. dgl. erkrankt oder mindestens geschwächt ist. Auf solchem Mutterboden bedarf es nachher gar nicht mehr einer Wunde zur Einwanderung der Pilze; diese kann auch durch die Lentizellen erfolgen. Die zur Ansiedlung derartiger Schwächeparasiten notwendig vorher vorhandene Ernährungsstörung braucht durchaus nicht immer durch Frost verursacht zu werden; es können ebenso ungeeigneter Standort, Wasserüberschuß, Trockenheit u. dgl. den ersten Anstoß geben. Letztgenannten Faktor betrachtet nun Lüstner als Schwächungsursache für die Kirschbäume am Rhein, während Sorauer meint, daß in der Mehrzahl der Fälle Frostbeschädigungen, und zwar solche, die im Frühjahr zustande kommen, die erste Veranlassung darstellen.

Demnach sieht Sorauer wohl mit Recht in einer ängstlichen Vernichtung der pilzbefallenen Teile nur einen schwachen Trost. Man vergesse nämlich nicht die Ubiquität der Zytosporeen und ähnlicher Pilzgruppen.

In derselben Weise wie das Kirschensterben sind andere Fälle der Trocknis an den Spitzen anderer Bäume zu beurteilen, so auch die Krankheit, die Fuckel bei Aprikosen und Pfirsichen beobachtet hat. Das

[1]) Lüstner, G., Beobachtungen über das rheinische Kirschbaumsterben. Bericht d. Kgl. Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim a. Rh. f. d. Jahr 1905, von Prof. Wortmann. Berlin, Paul Parey, 1906, S. 122.



Abb. 163. Mit den Konidien von *Valsa leucostoma* an zwei Stellen geimpftes Kirschenstämmchen, dessen Krone nach der Impfung unterhalb der oberen Impfwunde abgeschnitten wurde. Bei O die normal geheilte Wunde, bei × Pykniden der *Valsa leucostoma*. (Nach Lüstner.)

charakteristische Vergilben und Verwelken des Laubes mit nachfolgendem Absterben einzelner Äste begann im Juni. Als Ursache sieht Fuckel *Cytospora rubescens* an, zu der als reife Fruchtform von ihm *Valsa prunastri* angegeben wird.

Die Verfärbungserscheinungen im Achsenkörper.

Die Obstzüchter pflegen, wenn sie im Frühjahr ihre Bäume schneiden, aus der Betrachtung der Schnittfläche Schlüsse zu ziehen, ob sich eine Obstsorte frosthart für eine bestimmte Gegend erwiesen hat oder durch die Kälte beschädigt worden ist. Man urteilt danach, ob die Schnittfläche gleichmäßig weiß oder stellenweise gebräunt erscheint. Die Bräunung tritt teils in ringförmigen Zonen, teils in flächenartiger Ausbreitung auf. Im ersteren Falle ist (oft einseitig am Zweige) die kambiale Region oder die Peripherie der Markscheibe, die sogenannte Markkrone, wo die innersten Gefäße des Holzringes in das Markparenchym hineinragen, der Herd der Verfärbung. Bei flächenartiger Bräunung pflegt ein Teil der Holzfläche nebst Markkörper an derjenigen Zweigseite ergriffen zu sein, an welcher die dazugehörige Knospe sitzt. Die Braunfärbung ist ein Zeichen der Humifikation, welche sich allmählich bei dem Auftrocknen des Zellinhaltes an die Wandungen einstellt. Bei den braunen Zellwänden bemerkt man nicht selten Quellungserscheinungen.

Wenn einzelne Stammteile erfroren sind, sieht man bisweilen von denjenigen Teilen, welche im ganzen Querdurchmesser gebräunt sind, braune Streifen im Holzkörper bis zu verschiedener Tiefe sich stammabwärts ziehen, und diese Streifen haben manchmal eine symmetrische Anordnung, so daß ein Querschnitt durch den halb gesunden Stammteil eine regelmäßige, gebräunte Figur aufweist. Am bekanntesten ist das „Landwehrkreuz“ bei *Acer*; bei *Cytisus* und *Fraxinus* kommen ähnliche Bilder vor. *Cytisus* und andere Papilionaten zeigen zuweilen sehr ansprechende Buntfärbung derartiger Querscheiben, welche wohl eine technische Verwendung verdienen. Die Buntfärbung ist durch den verschiedenen Grad der Bräunung in den Zonen des Kernholzes und des Splintes bedingt.

Doch sind derartig regelmäßige flächenartige Verfärbungen seltene Vorkommnisse. Die häufigste Erscheinung besteht in unregelmäßiger Bräunung derjenigen Rindenpartie, die ein Auge umgibt, und derjenigen Markausbuchtung, welche nach dem Auge hinführt. Der Grad der Gewebeerkrankung hängt natürlich von der Zeit und Intensität der Kältewirkung sowie der spezifischen Empfindlichkeit der Baumart und, bei gleicher Intensität, von dem Alter der Achse ab. Je jünger ein Zweig ist, desto ausgebreiteter sind in der Regel die Gewebebräunungen.

Einen Einblick in die Verschiedenartigkeit der Frostbräunung bietet der in Abb. 165 wiedergegebene Querschnitt eines durch künstlichen Frost beschädigten Birnenzweiges. Hier bedeutet *m* den Markkörper, *m k* die Markkrone, *m b* die als Markbrücke bezeichnete Ausbuchtung der Markscheibe, welche nach dem kurz oberhalb dieses Schnittes liegenden, also hier noch nicht sichtbaren Auge führt. An der Stelle, wo das Auge (die Knospe) sitzt, ist jeder Zweig mehr oder weniger verdickt und baucht sich aus zum „Augenkissen“. In diesem verlaufen die Gefäßbündel *g′* und *g″*, welche in den Blattstiel abgehen, in dessen Achsel das Auge sich befindet. Die Gewebekappe, welche über dem zentralen Blattspurstrange dem Rindenkörper des Zweiges in der Zeichnung aufgesetzt erscheint, stellt das Ver-

narbungsgewebe dar, das sich nach dem Abfallen des Blattes im Vorjahre gebildet hat. Die einzelnen Gefäße in den Blattspursträngen und im Holzringe sind mit g', g'' und g bezeichnet. Der Holzring h mit den Mark-



Abb. 164. Durch künstlichen Frost hervorgerufene Bräunung und Zerklüftung der Gewebe eines Birnenzweiges. (Orig. Sorauer.)

strahlen *m s* zeigt mannigfache, vorherrschend radiale Zerklüftungen, während die Gewebelücken *l* im Rindengewebe meist tangential verlaufen. Bemerkenswert ist die durch einen klaffenden Längsspalt gesprengte Mark-

brücke, die durch die Stärke der Verwundung erkennen läßt, daß sie die frostempfindlichste Stelle des Zweiges darstellt.

Bei vielen Laubhölzern gibt es noch eine zweite Region großer Frostempfindlichkeit, nämlich die Hartbastzellen und deren äußere parenchymatische Umkleidung. Bei Sorauers künstlichen Erfrierungsversuchen zeichneten sich dadurch namentlich Kirsche, Pflaume, Rotbuche und Apfel aus, während die Birne größere Widerstandskraft aufwies. Auch in Abb. 164 zeigen sich die Bastbündel (*b*) nicht angegriffen, ebensowenig wie das Kollenchym (*cl*). Die Cambiumzone *c*, welche den Baumzüchtern bei dem Frühjahrsschnitt der Obstbäume durch ihre Braunfärbung anzeigt, daß die Zweige durch den Frost beschädigt worden sind, während die zwischen beiden Regionen liegende plasmareiche Meristemlage farblos und unversehrt erscheint.

Bei einem Überblick über den gesamten Querschnitt, welcher betreffs der Frostverfärbungen als Beispiel für alle Gehölze gelten kann, sehen wir also als die empfindlichste Stelle des Zweiges die Region des Augenkissens, in welcher der Zweig den schmalsten Holzring und die meiste Parenchymhäufung besitzt. Die in der Zeichnung dunkel gehaltenen Zellen stellen die gebräunten Partien dar. Sodann folgt betreffs der Frostempfindlichkeit die Markkrone mit den Markstrahlen. Der Markkörper selbst leidet meist erst später und wird um so weniger beschädigt, je älter der Zweig ist. Im vorliegenden Falle war der Versuch gegen Mitte Mai ausgeführt worden, zu welcher Zeit in Mark und Rinde bereits Stärkespeicherung stattgefunden hatte. Die Markbeschädigung beschränkte sich hier auf eine schachbrettartige Zeichnung der Markscheibe, indem einzelne der stärkeführenden Zellen ihren Inhalt gebräunt hatten. Die Untersuchung zeigte, daß nicht die Stärkekörner selbst, sondern ihre plasmatische Einbettungsmasse verfärbt war.

Adank[1]) berichtet, daß im März geschnittene Reben durch kalte Apriltage stark geschädigt wurden. Die gelblich-braune Rinde wurde bläulich bis schwarz, viele Augen schrumpften ein und starben ab. Später und nicht geschnittene Reben blieben gesund.

Die unregelmäßige Verteilung der vom Frost gebräunten Zellen in allen Geweben kann nur durch den verschiedenen Zellinhalt erklärt werden. Wahrscheinlich sind die zuckerreichen Zellen die empfindlicheren. Der plasmatische Inhalt leidet bereits, wenn die Zellmembran noch hell ist. Bei den Beschädigungen der Markkrone zeigen sich zuerst die engen Spiralgefäße gebräunt.

Frostlinie.

Es ist im vorigen Abschnitt erwähnt worden, daß die Obstzüchter die gebräunte Kambialregion als Zeichen einer Frostbeschädigung anzusehen pflegen. Man findet nun vielfach diese Zone als „Frostlinie" bezeichnet. Wir verstehen unter diesem Ausdruck die bei mikroskopischer Prüfung frostbeschädigter Gewebe sich zeigenden braunen, ringförmigen oder in Zickzacklinien auftretenden Streifen zusammengesunkener, verquollener parenchymatischer Zellen, die sehr häufig vorkommen, aber oft nicht beachtet worden sind. Genauer untersucht hat Sorauer die Erscheinung an Zweigen eines Apfelbaumes, der vorher schon im Glas-

---

[1]) Adank, Ulr., Zur Verhütung von Frostschäden an Reben. Schweizer. Zeitschr. f. Obst- u. Gartenbau XXVIII (1919), S. 165f.

hause angetrieben und im Mai nur für 22 Minuten einer Kälte von — 4° C ausgesetzt worden war.

Bei der Mitte Juni ausgeführten Untersuchung eines Zweiges, dessen Spitze erfroren war, zeigte sich äußerlich eine scharfe Grenze zwischen dem abgestorbenen und dem lebendig gebliebenen Teile. Diese Wahrnehmung macht man bei allen Frostschäden. Es macht sich nicht nachträglich eine allmähliche Ausdehnung der Schädigungszone bemerkbar, wenn nicht sekundäre Faktoren, z. B. holzzerstörende Pilze, zur Mitwirkung gelangen. Wohl aber kann die Frostwirkung selbst in das gesunde Gewebe hinein durch Abtöten bestimmter Gewebepartien ausstrahlen, wie dies im vorliegenden Versuche der Fall war. Zerschnitt man nämlich den an seiner Spitze erfrorenen und abgestorbenen Zweig unmittelbar neben dem an das tote Gewebe anstoßenden gesund gebliebenen und austreibenden Auge, so sah man einen braunen, scharf abgegrenzten Streifen von den toten Stellen aus in den gesunden Achsenteil hinein an drei gesunden Augen vorbei sich fortsetzen. Er durchlief die Achse von außen nach innen in diagonaler Richtung.

Die scharfe Umgrenzung, welche der braune Streifen zeigte, und sein diagonaler Verlauf erklärten sich bei der mikroskopischen Betrachtung, welche nachwies, daß wir es mit dem Hauptgefäßbündel des untersten toten Auges der erfrorenen Spitze zu tun hatten. Es war also hier der Fall eingetreten, daß der Tod des Auges allmählich auch das Absterben des im gesunden und gesund bleibenden Gewebe verlaufenden Zuleitungsstranges (Gefäßbündels) nach sich zog. Dies wäre also die einzige Nachwirkung, die bei Frostbeschädigungen eintreten kann, falls nicht nachträglich Parasiten eingreifen.

Um zu erfahren, welches wohl die allererste Frostwirkung auf das Gewebe des Baumes sein möge, also welche Beschädigung bei dem Auftreten ganz geringer Fröste sich einstellt, wurde eine ganze Anzahl Versuche über die Einwirkung sehr geringer Kältegrade gemacht, ohne zum Ziele zu führen. Es zeigte sich entweder überhaupt kein Einfluß, oder es traten die oben gemeldeten Anfangsstadien gleichzeitig auf. Es wurde nun von dem völlig erfrorenen Gewebe aus mit dem Schneiden immer mehr abwärts in den gesunden Basalteil des Zweiges hinabgegangen und beobachtet, welche Störung am weitesten von dem Frostherde aus sich in das gesunde Gewebe hinein fortgepflanzt hatte.

Als solche am weitesten in das gesunde Holz hinab verfolgbare Frostwirkung zeigte sich die Quellung der Interzellularsubstanz bzw. Mittellamelle (Abb. 165, *i*).

Dieses streifenweise Aufquellen und Braunwerden der Interzellularsubstanz fand Sorauer im allgemeinen häufiger in der Richtung der Tangente als in der der Markstrahlen, namentlich oft in der Nähe des alten Herbstholzes, also in den ersten gefäßreichen Lagen des Frühjahrsholzes. Aber man trifft diesen Zustand der Interzellularsubstanz selten allein; meist ist er schon verbunden mit einer leicht gelblichen Färbung und Quellung der sekundären Membran der anliegenden Holzzellen (Abbildung 165, *h*). Diese Veränderung wird in einzelnen Fällen derartig intensiv, daß das ganze Lumen der Zelle bis auf einen engen, spaltenförmigen Hohlraum ausgefüllt wird (*h h*).

Mit der Quellung wird die Lichtbrechung außerordentlich schwach; nur die äußerste Membran und die festere Innenauskleidung behalten ihr

starkes Lichtbrechungsvermögen. Die Quellung kann so stark werden, daß auch die äußerste Membran zerreißt (*p*), und dieses Zerreißen trifft in der Regel mehrere nebeneinander liegende Zellen, so daß die veränderte, sekundäre Membran mit der gequollenen Interzellularsubstanz zu einem gleichmäßigen, gelben bis braunen Streifen verschmilzt, in welchem parallel gelagerte Reste der primären Membran kenntlich bleiben (*st*).

Es ist somit experimentell erwiesen, daß durch den Frost Lockerungsvorgänge in den Zellmembranen eingeleitet werden. Diese kommen in den sogenannten „Frostlinien" zum Ausdruck.

Frostrunzeln.

Während bei den Frostbeulen die stellenweise stattfindende Abhebung des gesamten Rindenkörpers vom Holzzylinder als Ursache nachgewiesen werden konnte, handelt es sich bei den Frostrunzeln um Ablösungen der äußeren, derben Rindenlagen von der zarten Innenrinde. Die Erscheinung ist bisher nur an diesjährigen Kirschzweigen beobachtet worden. Die Zweige waren dadurch auffällig, daß die sonst glatte Rinde auf einer Seite quergerunzelt erschien. Das Kambium war nicht gestört, das Mark etwas gebräunt.

Nachgewiesenermaßen entstehen durch den eindringenden Frost große Spannungsdifferenzen in der Achse. Der Frost zieht, auch ohne daß es bis zur Ausscheidung von Eiskristallen in den Interzellularräumen kommt, das Gewebe zusammen, und zwar um so stärker, je dünnwandiger es ist. Die Rinde leidet bedeutend mehr als der später erreichbare, schwerer abkühlbare und weniger sich zusammenziehende Holzkörper. Die Zusammenziehung erfolgt in der Richtung der Tangente stärker als in radialer Richtung. Dieser Überschuß wirkt wie eine allein vorhandene, in der Richtung des Stammumfanges stattfindende Zerrung, der auch die einzelnen Rindenlagen bei großer Jugend der ganzen Rinde in verschiedenem Maße folgen werden. Bei gleicher Stärke der Zusammenziehung an allen Punkten der Rinde werden diejenigen Zellen, welche der Peripherie am nächsten liegen und am meisten in der Richtung des Stammumfanges gestreckt sind, auch am meisten gezerrt werden. Wenn man erwägt, daß die äußeren Zellen der primären Rinde bei ihrer größeren Derbwandigkeit nicht mehr so elastisch wie die darunter liegenden, dünnwandigeren sind, so sieht man ein, daß nach Aufhören der Zerrung bei ihnen die durch die unvollkommene Elastizität bewirkte, dauernde Vergrößerung am bedeutendsten sein wird.

Nach dem Verschwinden der bei Spätfrösten doch nur kurz dauernden Frostwirkung wird der gesteigerte Turgor die Zellen in der gedehnten Gestalt erhalten; da die äußeren Rindenlagen nach der stärkeren Dehnung nicht mehr Platz in der bisherigen Tangentialebene haben, werden sie sich runzelig oder blasig über die bisherige Ebene des Stammumfanges erheben und auf diese Weise die „Frostrunzeln" bilden.

Außer der tangentialen und radialen Zusammenziehung kommt bei den jungen, noch krautartigen Zweigen die longitudinale Veränderung hinzu, die bei der durch die Frostwirkung bedingten Krümmung des Achsenkörpers entstehen muß. Man kann künstlich an einjährigen Trieben durch Biegen leicht Querrunzeln erzeugen. Betreffs der bei gebogenen,

krautartigen Stengeln sich entwickelnden Spannungsverhältnisse sei auf die Arbeit von Ursprung[1]) verwiesen.

Frostlappen, Korklocken.

Viel häufiger als die in Form von Frostrunzeln und Frostbeulen auftretenden Abhebungserscheinungen im lebenden Rindengewebe sind die

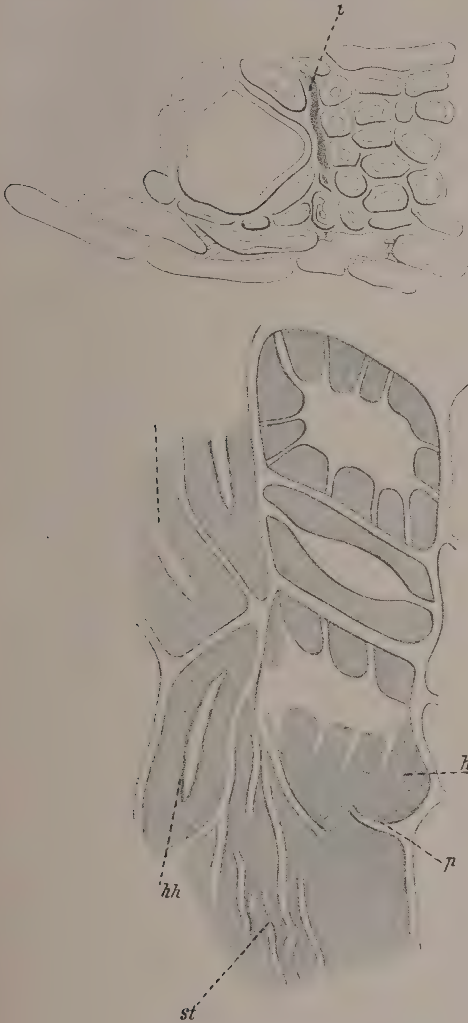


Abb. 165. Quellung der Zellmembranen nach künstlicher Frostwirkung. (Orig. Sorauer.)



Abb. 166. Flatterig aufgerissene Korklamellen an frostbeschädigten Zweigen.

Ablösungsvorgänge, die sich durch Vertrocknen der äußeren Gewebelagen einstellen, wenn Zweige durch den Frost getötet werden. In Abb. 166 sehen wir einen Zweig mit lockenartig zurückgerollten, flatternden, trockenen

[1]) Ursprung, A., Beitrag zur Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums an Krautpflanzen. Ber. d. D. Bot. G. 1906, Heft 9, S. 498.

Rindenfetzen von der Herbstsylvesterbirne. Auch bei weichholzigen Äpfeln (Morgenduftapfel) wurde an Zweigen und jungen, noch glattrindigen Baumschulstämmen im Mai und Juni die Erscheinung aufgefunden. Man sieht zunächst das Periderm blasig abgehoben; später reißen die Blasen durch einen Längsspalt auf. Das gesamte Rindenparenchym erscheint unterhalb des Risses geschwärzt und trocknet schnell zusammen. In dem Maße, als sich der Riß erweitert, schreitet das Absterben des Rindengewebes weiter fort, indem es zunächst gelbgrün und weich wird, dann nachdunkelt, zusammensinkt und schließlich vertrocknet.

Mit der Zeit werden diese toten Stellen auch ganz bloßgelegt, indem der Längsriß in der Peridermblase sich verlängert und neu auftretende Querrisse die ganze abgehobene Korkhaut in mehrere Lappen teilen. Bei dem Zusammentrocknen rollen sich dann die einzelnen Lappen rückwärts ein und entblößen dadurch das bisher bedeckt gewesene Rindenparenchym. Es bleibt zu bemerken, daß gerade an der Basis der jungen, noch glattrindigen Stämme am meisten derartige Korklappen zu finden sind, während die jüngeren Zweige äußerlich unversehrt erscheinen und auch frisch austreiben, aber allerdings nach einiger Zeit gelbe und welke Blätter erhalten.

Von der Ausdehnung und Häufigkeit solcher Korklocken, die immer wieder durch gesund gebliebene Stellen voneinander getrennt gefunden werden, hängt es ab, ob der Baum am Leben bleibt. Meist stirbt derselbe, da das Kambium unter den geschwärzten Rindenstellen tot ist. Die Gegend in der Umgebung der Augen oder fortgeschrittener Zweige erscheint zu derartigen Frostbeschädigungen besonders geneigt.

Frostbeulen.

Sogenannte „innere Frostrisse" beobachtete R. Hartig[1]) an Eichen und Tannen: „Wenn bei starker Kälte der Baum schwindet[2]), sagt er, so können zwar im Holzkörper in der Spaltungsfläche Risse entstehen, die aber nur bis zum Rindenmantel verlaufen, ohne letzteren zu zersprengen. Die Rinde, welche ja keine radialen Spaltflächen besitzt, hält den Holzkörper zusammen. Allerdings wird die elastisch dehnsame Tannenrinde da, wo innerlich ein Frostriß mündet, auseinandergezogen und verliert dadurch einen Teil ihrer Elastizität. Wenn dann in der Folge der Baum dicker wird, so übt die Rinde hier einen geringeren Druck auf das Kambium aus, und der Zuwachs wird dadurch lokal gesteigert. Der Stamm erscheint äußerlich nicht rund, sondern mit leistenförmigen Vorsprüngen versehen." Hier handelt es sich wohl im wesentlichen um Beschädigungen während der Winterruhe, die sich etwa als Übergangsformen zu den ähnlichen Gebilden darstellen, die Sorauer als Frostbeulen bezeichnete. Es sind dies breitkegelförmige, aber meist abgeflachte, bisweilen 1 cm hohe Auftreibungen an glattrindigen zwei- bis mehrjährigen Stämmen oder Zweigen.

Nicht zu verwechseln sind diese Beulen mit den bei üppigen Kulturvarietäten gar nicht selten vorkommenden, kegelförmigen Buckeln, die unter der Rinde sofort einen harten, holzigen Kern erkennen lassen, während die Frostbeulen zum Teil stets, zum Teil wenigstens im Jahre ihrer Entstehung aus einer weichen, mit dem Nagel leicht zerdrückbaren Gewebemasse bestehen.

---

[1]) Hartig, R., Innere Frostspalten. Forstl.-naturwiss. Zeitschr. 1896, S. 483.
[2]) Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten 1900, S. 214.

Die von Anfang an hart verholzten Erhebungen, für welche Sorauer den Namen „Gefäßbuckel" in Vorschlag gebracht hat, haben fast immer eine bestimmte Stellung zum Auge, während die Frostbeulen an beliebigen Stellen des jungen Stammes oder des Zweiginternodiums sich zeigen. Die „Gefäßbuckel" sind einspitzige oder zweispitzige, berindete Holzanschwellungen, welche wie Maseranfänge über die Peripherie des übrigen Holzkörpers hervortreten; sie verdanken ihre Entstehung der übermäßigen Entwicklung der Gefäßbündel, welche normalerweise in jedes Augenkissen gehen und sich mit dem zentralen, stärksten Bündel zur Bildung des Gefäßbündelkörpers im Blattstiel vereinigen.

Bei den (weichen) Frostbeulen finden wir keine Beziehungen zu den Blattspursträngen. Sie zeigen sich an beliebigen Stellen und entstehen durch blasenartiges Abheben des Rindenkörpers vom Holzzylinder. Das auf letzterem stehengebliebene Jungholz tritt, da die Abhebungen nur bei Spätfrösten, also zur Zeit reicher vegetativer Tätigkeit sich einfinden, sofort in Zellvermehrung und füllt den Hohlraum mit zartwandigem Parenchymholz, das an der Peripherie allmählich in normales Holz übergeht.

Der ganze hier stattfindende Prozeß ist derselbe, welcher bei der Neuberindung einer künstlich hervorgerufenen Schälwunde eintritt. Der Unterschied liegt bei der Beulenbildung nur darin, daß die Rinde nicht abgeschält, sondern nur stellenweise durch Frost abgehoben und daß somit die vom Holzkörper ausgehende Neuproduktion dem Auge zunächst nicht sichtbar wird. Man kann sie bisweilen in ihrer ungemeinen Üppigkeit sehr klar erkennen, wenn man bei großen Frostbeulen die Rinde aufschneidet. Es gelingt dann, hier und da eine mehrere Zentimeter lange und 0,5 bis 1,0 cm hohe gekrösartige Wucherung, die gar nicht mit der alten Rinde zusammenhängt und nur auf dem Holzkörper ruht, bloßzulegen. In einem Falle (bei der Birne *Bonne Louise d'Avranche*) hatte die Wucherung den Rindenmantel gesprengt und war als unregelmäßig konturierte, etwa kegelförmige Masse mit warzig-krümeliger Oberfläche weit über den Stammumfang hervorgetreten.

Ältere Zustände verheilter Frostbeulen wurden bei Ahorn, Kirsche, und Äpfel beobachtet. Bei Ahorn sind sie bisher am schönsten anzutreffen gewesen, und zwar an zweijährigen, über $1^1/_2$ m Länge besitzenden Trieben. Manche derselben zeigten in ihrem ganzen Verlaufe mit Ausnahme der Spitzenregion kleine, flache, etwa $^1/_2$ mm hohe, allseitig sanft verlaufende, vollkommen berindete Buckel, welche mehr durch das Gefühl als durch das Auge bemerkbar waren. Die äußere Rinde erschien durchaus normal und als die direkte Fortsetzung der übrigen, nicht erhabenen Partie des Zweiges. Im Querschnitt läßt sich die Ursache der Rindenauftreibung in einer Anschwellung des Holzkörpers erkennen, welcher im Anfange des zweiten Jahresringes ein Nest holzparenchymatischer, sehr weiter, stärkereicher Zellen gebildet hat. In der Regel findet sich ein solches Parenchymholznest genau zwischen zwei Markstrahlen, so daß der seitliche Übergang von diesem krankhaften Holzgewebe zum gesunden ziemlich plötzlich ist, während diese abnormen Holzelemente in radialer Richtung ganz allmählich die normalen Dimensionen und Verdickungen annehmen. Nur zeigen sich noch in dem radial angrenzenden sowohl wie in dem seitlich anstoßenden, regulär gebauten Holze einzelne stark erweiterte und verkürzte, mit Stärke (im März untersucht) erfüllte Holzzellen.

In dem Holzparenchymneste finden sich unregelmäßig verlaufende

gelbe Streifen; die gelbe Färbung rührt von gequollenen Zellwandungen her, die bei Frostschädigungen allgemein vorkommen. Auch andere Merkmale einer bestimmten Gruppe von Frostschäden sind vorhanden, wie z. B. die Zerrung der Markstrahlzellen an der Froststelle nach einer Seite hin und die tonnenförmige Erweiterung des Markstrahles bei seinem Eintritt in das Parenchymnest. Diese tonnenförmige Erweiterung des Markstrahles wird weniger oft durch Vermehrung seiner Zellen hervorgerufen als durch Verbreiterung derselben auf Kosten ihrer Länge; dabei bemerkt man nicht selten eine in die Augen springende Verdickung der sekundären Membran. Eine Zellvermehrung zeigt sich am häufigsten bei den einzelligen Markstrahlen, die von der Froststelle aus zweizellig werden. Je weiter sich ein solcher Markstrahl in das Parenchymnest hinein fortsetzt, desto breiter und kürzer erscheinen im Querschnitt seine einzelnen Zellen und mit desto schiefer stehenden Wandungen greifen sie keilförmig ineinander, anstatt stumpf aneinander gefügt zu bleiben; endlich werden alle Zellen in dem Parenchymneste, dessen Elemente im Zentrum des Nestes am weitesten sind, gleichgestaltet, so daß man überhaupt eine Differenzierung der Markstrahlen nicht mehr erkennt.

Dem gelb- bis braunstreifigen Neste von Parenchymholz entspricht in demselben Radius eine ehemals damit zusammenhängende, jetzt aber durch dazwischengeschobenes, neues Holz getrennte, braune Rindenzone, die tangential gestreckt ist.

Bei dem Färben der Schnitte mit Campecheholzextrakt zeigten sich oft sehr hübsche Bilder, wenn konzentrierte Chlorzinkjodlösung hinzutrat. Die Holzzellwandungen in ihrer verschiedenartigen Verdickung traten deutlicher hervor. Einzelne Gruppen von Holzzellen färbten ihre Wandungen intensiver gelb und zeigten sich mehr gequollen; es waren dies die Wände der die Gefäße umgebenden, stärkeführenden, gefächerten Holzzellen, welche somit empfindlicher sein dürften als die anderen Elemente des Gefäßbündels.

Bei Frostbeulen der Kirsche, die in Abb. 167 und 168 skizziert sind, zeigt sich das anatomische Bild insofern etwas abweichend von den Frostbeulen des Ahornzweiges, als hier meist der Gummifluß infolge der Verletzung sich hinzugesellt. Abb. 167 ist der Querschnitt aus dem Zentrum einer Beule, Abb. 168 ein seitlich der Mediane der Wunde entnommener Längsschnitt. *r* ist der braune Streifen aus totem Gewebe, welcher den die Beule veranlassenden, inneren, feinen Riß zunächst begrenzte. Dieser Riß war äußerlich gar nicht sichtbar; denn die äußersten Rindenschichten *e* sind unverletzt geblieben, obwohl die Wunde ziemlich tief war und bis in das Holz *h* hineinreichte; sie muß aber von Anfang an sehr eng gewesen und zu einer Zeit entstanden sein, in der eine Überwallung sofort möglich war; denn es senkte sich das überwallende Gewebe alsbald in die Wunde *r*, ohne daß erst größere Gewebepartien zum Absterben gekommen wären. Dieses junge, weiche Überwallungsgewebe sowie die an die erkrankten Partien der Rinde angrenzenden Zellen erzeugten alsbald dicke Korklagen *ku*, welche das tote Gewebe vollständig einhüllten und von dem gesunden isolierten. Die Hartbastbündel *b*, welche mitten im gesunden Rindengewebe in der nächsten Nähe der Wunde erkrankten, sind durch isolierte Korkumwallungen (Abb. 167, *u*) eingeschlossen, so daß von ihnen aus eine weitere Zersetzung des umgebenden chlorophyllhaltigen Rindenparenchyms nicht stattfinden kann.

Bei dem Heilungsvorgange bemühten sich nun das neue Holz *nh* und die neue Rinde *nr*, die Wunde von den Seiten her zu überdecken. In der Mitte der Wunde, wo die klaffenden Ränder am weitesten abstehen, Abbildung 167, *nh*, ist ein Schluß noch nicht erreicht; dagegen ist an den

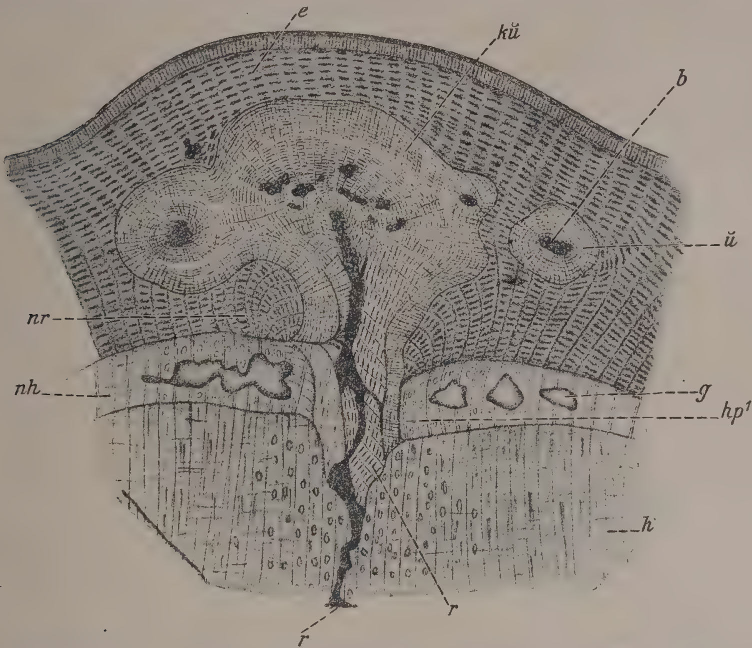


Abb. 167. Frostbeule am Zweige einer Süßkirsche. Medianer Schnitt. (Orig. Sorauer.

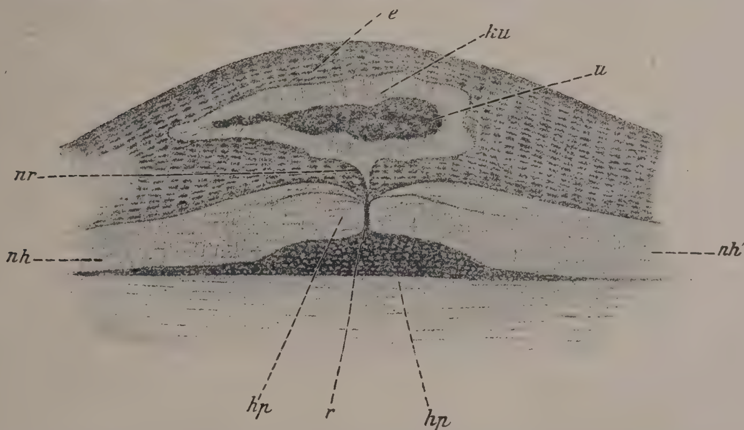


Abb. 168. Dieselbe Wunde wie bei Abb. 168 dargestellt. Seitlich geführter Schnitt. (Orig. Sorauer.)

Seitenpartien dieser Fall bereits eingetreten; es haben sich von oben und unten her die beiden neuen Holzlagen Abb. 168, *nh*, *nh'* mit ihren Rändern vereinigt und das tote Rindenstück, Abb. 168, *u*, von dem toten Holzteil schon getrennt. Je älter und dicker die neuen Holz- und Rindenlagen werden, desto mehr wird die tote Rinde nach außen gedrängt und endlich

ganz abgestoßen. Das abgestorbene Holz *hp*, welches parenchymatischer Natur war und die augenblicklich noch frischen Wundränder, Abb. 167, *hp'*, die ebenfalls aus Parenchymholz gebildet sind, gehen erst ganz allmählich in festeres, normales Gewebe über. Das erst gebildete, zur Überwallung sich anschickende Neuholz trägt in der mittleren Wundgegend den Todeskeim schon in sich, indem zahlreiche Gummiherde (Abb. 167 *g*) sich gebildet haben, welche das wenig widerstandsfähige Gewebe in kurzer Zeit auflösen werden.

Bei älteren Überwallungen an einem durchaus nicht üppigen Ahornzweige wurde auch einmal eine Spaltung des Jahresringes bemerkt, indem die Herbstholzregion auf einer Seite des Zweiges sich durch eine bedeutend dickere, gefäßreiche Frühjahrsholzzone in zwei Blätter spaltete und dann wieder mit der erst gebildeten Zone verschmolz, so daß auf einer Zweigseite ein Jahresring mehr zu zählen war als auf der anderen.

Experimentelle Erzeugung von Parenchymholz durch Frostwirkung.

Die als „Markflecke", „Parenchymholzbinden", „Ringschäle" usw. beschriebenen Fälle einer Bildung von parenchymatischem Holzgewebe an Stelle normalen Prosenchyms beruhen auf mannigfachen Ursachen (starke Ernährung; vgl. S. 383 u. 20. Kap.), die aber sämtlich darin übereinstimmen, daß das Kambium an einzelnen Teilen oder am gesamten Umfang eines Jahresringes vom Druck des darüber gespannten Rindengürtels mehr oder weniger befreit wird. Daß der Frost und namentlich der Frühjahrsfrost eine der wesentlichsten und häufigsten Ursachen solcher Lockerungen des Rindengürtels abgibt, dürfte aus nachstehenden Beobachtungen hervorgehen.

Im Jahre 1904 hatte ein Maifrost die jungen Eichentriebe am Rande einzelner Waldkomplexe — dort, wo dieselben an Wiesen grenzten — derartig stark beschädigt, daß eine Anzahl Zweigspitzen gänzlich erfroren war, während andere nur geschwärzte, vertrocknende Blätter aufwiesen, aber an den Spitzen später weiterwuchsen. Nachdem derartige Triebe innerhalb einiger Wochen wieder neue Blätter gebildet hatten, wurden sie zur Untersuchung abgeschnitten. Sie lieferten in verschiedenen Höhen sehr verschiedenartige Bilder und unter diesen auch das in Abb. 169 dargestellte.

Wir erkennen einen unregelmäßig fünfseitigen Markkörper (*m*), umgeben von einem schmalen, einseitig stärker ausgebildeten Holzringe (*h*). Dieser Holzring schließt aber nach außen hin nicht mit einer regelmäßigen Kambiumzone ab, wie dies im normalen Zweige der Fall ist, sondern geht plötzlich in ein lockeres, weitzelliges Parenchymholz (*ph*) über, das nach der Rinde zu derbwandiger wird und nur selten eine kambiale Grenzzone zwischen sich und der Rinde erkennen läßt. Daß dieser aus Lockerungsgewebe gebildete Gürtel (*ph*) wirklich zum Holzring noch gehört und von demselben ausgegangen ist, beweisen die in der Lockerungszone zerstreuten kurzzelligen Gefäßelemente (*g'*), die im Bau ihrer Verdickungsschichten denen der Gefäße im normalen, erstgebildeten Holzringe ähnlich sehen oder gleichen. Dieses Vorhandensein kurzer Gefäße oder Gefäßzellen und die Verdichtung der ganzen Lockerungszone an ihrer Peripherie durch Auftreten von derbwandigen, den echten Holzzellen ähnlichen Elementen zeigen somit, daß dieser frostbeschädigte Zweig kurze Zeit nach Aufhören der Frostwirkung und Bildung des Parenchymholzes sich angeschickt hat, zur normalen Holzringbildung zurückzukehren.

Wir würden, wenn dieser Zweig Gelegenheit gehabt hätte, bis zum Herbst fortzuwachsen, dann einen zweiten (falschen) Jahresring erhalten haben, wie er von früheren Forschern bereits beobachtet und bereits besprochen worden ist.



Abb. 169. Ausheilung einer inneren Frostwunde am jungen Eichenzweige nach Maifrostbeschädigung. (Orig. Sorauer.)

c Cambiumzone, *z* Zickzacklinie mit gequollenen Wandungen, *g* Gefäße im normalen Holz. Erklärung der übrigen Buchstaben befindet sich im Text.

Der Bastring (*b*) ist wenig irritiert worden; nur der Inhalt der jungen Bastzellen erweist sich meistens gebräunt, entsprechend der Ausfüllung einzelner Gefäße des Holzringes mit rotgelber, gummiähnlicher Substanz. Das Rindenparenchym besitzt einzelne gebräunte Gruppen. Die kollenchymatische Außenschicht der Rinde (*cl*) zeigt keine besonderen Verfärbungserscheinungen, wohl aber ist dies bei der Markkrone der Fall, welche gänzlich gebräunt erscheint. Diese Bräunung läßt in dem Maße nach, als die Schnitte nach der gesünderen Zweigbasis hin entnommen werden; dort finden sich nur noch einzelne Zellen mit gelbem, verquollenem Inhalt.

Bei den reichlich vorhandenen Zerklüftungen macht sich ein Unterschied in der Richtung der entstandenen Lücken bemerkbar. Innerhalb der Markscheibe ist die größte Ausdehnung der Lücken in der Richtung des Radius zu finden, und wir sehen, daß dies mit der eigenartigen strahligen Ausbildung des Markkörpers zusammenhängt. Derselbe zeigt sich fünfeckig ausgebuchtet, und die Ausbuchtungen kommen dadurch zustande, daß die den Holzring zusammensetzenden Gefäßbündel sich teilweise anschicken, aus dem Ringe herauszutreten. Wie vorher angedeutet, liegt der Grund für dieses Ausweichen einzelner Bündel darin, daß an jeder der fünf Ecken der Markscheibe die für die fünf nächsthöheren Blätter bestimmten Leitungssysteme im Begriff sind, nach außen ihren Weg durch die Rinde zu den Blättern anzutreten. Für das der hier abgebildeten Zweigstelle nächstliegende Blatt ist der Markkörper natürlich schon am weitesten ausgebuchtet und schickt sich an, als Markbrücke (*mb*) in die nächste Knospe überzugehen. Die beiden höheren Blätter, die nur ein und zwei Internodien von unserem Querschnitt entfernt stehen, haben ihre Bündel noch innerhalb des geschlossenen Holzringes; aber dieselben bilden bereits merkliche Ausbuchtungen des festen Achsenzylinders (rechte Seite der Abbildung). Für das der Blattstellungsspirale folgende vierte und fünfte höherstehende Blatt liegen die Bündel noch ganz innerhalb des Holzringes und deuten ihren späteren Austritt nur durch schwache Vorwölbung nach außen an (linke Seite der Abbildung). Zwischen ihnen ist der Markkörper nur in Form eines verbreiterten Markstrahls fortgesetzt und noch nicht zu einer wirklichen Markbrücke erweitert.

Die durch Zerreißung des Gewebes entstandenen Lücken (*l*) entsprechen nun in ihrer Größe der Mächtigkeit der Markausbuchtungen: je breiter dieselben sind, je näher sie also schon den ihnen zugehörigen Knospen stehen, desto stärker erweist sich die radiale Zerklüftung. Im Gegensatz zum Markkörper sehen wir die Lücken (*l'*) in der Rinde sich tangential hinziehen. Sie entstehen teils durch Abheben der peripherischen kollenchymatischen Schichten von dem chlorophyllreichen Parenchym, teils aber durch Zerreißen einzelner Parenchymzellen. Bemerkenswert ist, daß sowohl die Lückenbildung in der Rinde als auch die Ausbildung des Lockerungsgewebes (*ph* und *lg*) auf derjenigen Zweigseite, welche die weitest herausgetretenen Bündel aufweist, viel mächtiger sind als auf der Gegenseite. Dadurch erklärt sich auch der Umstand, daß man bei der Untersuchung frostbeschädigter Zweige in der Regel e i n e S e i t e s t ä r k e r a n g e g r i f f e n findet als die anderen, außer der durch die Windrichtung veranlaßten. Der nächstliegende Schluß, daß der Frost einseitig stärker gewesen, ist in diesem Falle irrtümlich. Denn wenn man in Serienschnitten eine Anzahl übereinanderstehender Internodien untersucht, wird man sich

überzeugen, daß bald die eine, bald die andere Seite desselben Zweiges stärkere Frostbeschädigung aufweist, je nach der Stellung des Auges, in dessen Nähe der Schnitt ausgeführt worden ist. Je näher einem Auge, desto stärker die Frostwirkung in der Achse.

Die im vorstehenden geschilderten Gewebestörungen und Heilungsvorgänge konnten auch künstlich dadurch hervorgerufen werden, daß Topfexemplare von 4—5jährigen Eichen in einem Glashause schon im April zum Austreiben gebracht wurden und diese weichen Triebe im Mai in einem Gefrierzylinder während einer Nacht einer Kälte bis — 4° C ausgesetzt blieben. Die Töpfe wurden darauf im Freien belassen und Mitte Juni untersucht. Geradeso wie bei früher gemachten Beobachtungen an natürlich erfrorenen Eichen zeigten auch hier die frostverletzten Zweige die verschiedenartigsten Störungsformen und darunter auch solche, welche typisch den oben geschilderten natürlichen Beschädigungen glichen. Nur waren die Heilungsvorgänge, die hier deutlich von den Markstrahlen aus ihren Anfang nahmen, von viel geringerer Mächtigkeit, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß Topfexemplare sich stets schwächlicher und langsamer entwickeln als im freien Grunde wachsende Waldbäume. Auch wurde die Beobachtung gemacht, daß die Gewebezerklüftungen um so geringer erschienen, je älter und stärker der Zweig bereits zur Zeit der Frostwirkung war. Sorauer schließt daraus, daß nur dann die Frostbeschädigungen zur Parenchymholzbildung innerhalb eines Jahresringes führen, wenn sie ganz jugendliche, weiche Zweige zur Zeit des kräftigsten Längenwachstums treffen; außerdem muß nach der Frostnacht günstige warme Witterung vorhanden sein, so daß die Zellvermehrung in der früheren Intensität vor sich gehen kann. Das Baumaterial in Form der mobilisierten Reservestoffe ist im frostbeschädigten Zweig in derselben Menge wie vor der Frostwirkung vorhanden; aber die neu entstehenden Zellelemente erlangen dadurch eine andere Ausbildung, daß durch die Lockerungserscheinungen infolge der Frostnacht die Spannungsverhältnisse in der Achse und damit der Druck auf das Kambium andere geworden sind.

Die Theorie der mechanischen Frostwirkung.

Die bei den bisher geschilderten natürlichen und künstlichen Frostbeschädigungen junger Zweige zutage getretenen Erscheinungen lassen, so wechselvoll sie sind, sich auf einfache, mechanische Vorgänge zurückführen. Wir halten uns dabei an die Abbildung 169 des Eichenzweiges, an der wir sehen, daß der fünfseitige Holzring, der die Markscheibe umkränzt, plötzlich in eine helle Zone weichen Gewebes (*lg*) übergeht und dieses nach der Peripherie hin allmählich wieder derbere Elemente bildet, die den Charakter des normalen Holzes (*h*) besitzen.

Zur Orientierung über den Ursprung des Lockerungsgewebes dienen die Figuren 2—6 in Abb. 171, welche vergrößerte, Zelle für Zelle gezeichnete Partien von der rechten Seite der Abb. 170 aus der zwischen *lg* und *b* gelegenen Region des Schnittes darstellen. Bei allen Bildern ist die obere Kante die markwärts gerichtete, die untere ist die nach der Rinde hin gewendete und teilweise sogar (Abb. 170, Fig. *2*, *4*, *6*) schon Rindenelemente selbst aufweisende. Die obersten, teilweise mit *h* bezeichneten Zellgruppen bilden die Grenze des vor der Frostwirkung vorhanden gewesenen Holzringes, und diese gehen unvermittelt in das dünnwandige Gewebe (*lg*) des Lockerungsstreifens über (Abb. 170, *2*, *3*). Dabei werden

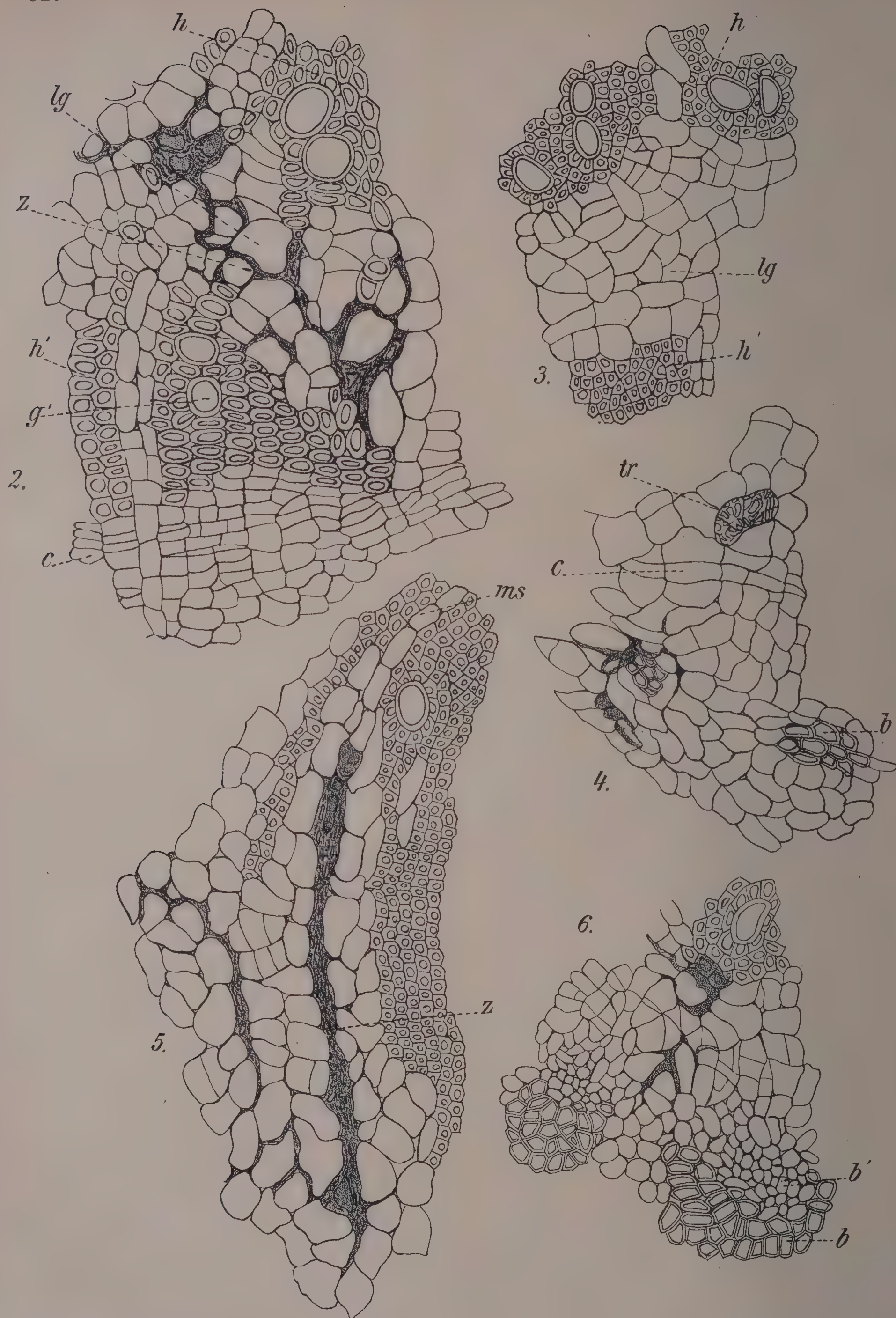


Abb. 170. Zellgruppen aus der Übergangsregion des normalen Holzringes in den durch Frost hervorgerufenen Lockerungsstreifen aus Parenchymholz. Entnommen aus der Zone *lg*—*b* von Abb. 170. *z* in Fig. *2* und *5* zeigt die Zickzacklinien mit ihren verquollenen Zellwandungen. (Orig. Sorauer.)

die im normalen Holz nur 1—2 Zellen breiten Markstrahlen (Abb. 170, *5 ms*) ausgeweitet und unregelmäßig vielzellig und ziehen sich erst wieder zu ihrer früheren Breite zusammen, wenn das lockere Gewebe in das sekundäre Holz (Abb. *2, 3, h'*) mit regulären Gefäßen *g'* übergeht. Dann bildet sich auch wieder eine normale Kambiumzone (Abb. 170, *2c*) aus, welche in der Zeit, in der die Markstrahlen wuchernd sich verbreiterten, unkenntlich geworden war, da die Zellteilungen gänzlich unregelmäßig in verschiedenen Regionen des Lockerungsringes stattfanden. Sobald wieder eine reguläre Kambiumzone sich einzurichten beginnt, differenziert sich auch das gelockerte Rindengewebe derart, daß nun jugendliche Bastgruppen (Abb. 170, *4b* und *6b, b'*) wieder erkennbar werden.

Durch den Umstand, daß zwischen dem vor der Frostwirkung ausgebildeten Holze (*h*) und dem Lockerungsgewebe (*lg*) keinerlei tote Gewebestellen sich vorfinden, wird bewiesen, daß das jugendliche Holz, der Splintring, direkt in das Parenchymholz des Lockerungsringes übergegangen ist. Dieses Parenchym hat also immerhin seine Zugehörigkeit zum Holzkörper bewahrt, und daher ist es nicht erstaunlich, daß nach dem Aufhören der Ursachen, welche diese parenchymatische Holzbildung veranlaßt hatten, das Gewebe allmählich wieder den normalen Holzcharakter annimmt und sich zur Bildung eines sekundären Holzringes (Abb. *2* und *3h'*) anschickt. Ja, einzelne Elemente des Splintes, die zur Zeit der beginnenden Parenchymholzbildung schon in ihrer Verdickung etwas weiter vorgeschritten waren, haben ihre Wandverdickung weiter fortgesetzt, und daher finden wir einzelne tracheale Elemente (Abb. 170, *4 tr*) mitten in dem Parenchymholze.

Die Lockerungszone (*l g*) im Querschnitt des Eichenzweiges (Abbildung 169) ist also nur ein modifizierter Holzring, der in übermäßig reichliche Neubildung von Zellen übergegangen ist. Da eine solche Zellvermehrung lediglich von Elementen ausgehen kann, die noch ihre kambiale Natur besitzen, muß notwendig geschlossen werden, daß die allerjüngsten kambialen Holzelemente, also der Splint, das Parenchymholz hervorgebracht haben. Selbstverständlich haben das eigentliche anatomische Kambium nebst der Jungrinde an dieser Zellvermehrung teilgenommen, und auf diese Weise ist ein so profuses Gewebe entstanden, bei welchem man nicht zu unterscheiden vermag, wo der Übergang vom Holz zur Rinde sich befindet.

Wir fragen nun, was die Veranlassung zur Bildung dieser profusen Gewebezone gewesen sein mag. Die Antwort kann nur lauten, daß der schnürende, pressende Einfluß, den der Rindengürtel in seiner Gesamtheit auf die jüngsten Gewebe, also die kambiale Region normalerweise ausüben muß, durch irgendeine Ursache aufgehoben oder doch äußerst geschwächt worden ist.

Auf diese Ursache werden wir durch die Lücken im Rindengewebe (Abb. 169, *l*, rechts) hingewiesen. Solche tangentiale Lücken im gesunden Gewebe kommen dadurch zustande, daß das oberhalb der Lücke liegende Gewebe sich von dem unteren abgehoben hat. Es kann sich aber nur abheben, wenn es auf diesem darunter befindlichen Parenchym nicht mehr Platz hat, also tangential eine größere Ausdehnung wie früher erlangt hat. Mithin hat in diesen äußeren Gewebelagen ein stärkerer tangentialer Zug stattgefunden als in den nächst inneren Rindenschichten.

Nun erinnere man sich an die Casparyschen Messungen beim Gefrieren (S. 575). Es ziehen sich die peripherischen Schichten früher und

stärker zusammen als die zentralen. Dieses Zusammenziehen bei der Kälte ist in der Richtung der Tangente stärker als in der des Radius und in dem weichen Parenchym stärker als im prosenchymatischen Holzkörper. Mithin muß bei der Frostwirkung überall innerhalb einer holzigen Achse ein Überwiegen des tangentialen Zuges über das radiale Zusammenziehen stattfinden und unter Umständen sich bis zur radialen Zerklüftung des Gewebes steigern.

Wenn der Holzring zunächst isoliert gedacht wird, so muß dieses überwiegend tangentiale Zusammenziehen notwendig an den Stellen des geringsten Widerstandes zu solchen Zerklüftungen führen, die den klaffenden Frostspalten an alten Stämmen entsprechen. Es müssen also aus rein mechanischen Gründen innere radiale Zerklüftungen zustande kommen, und zwar in den Markstrahlen und Markbrücken. Solche zeigt tatsächlich die Abbildung des durch natürlichen Frost beschädigten Eichenzweiges (Abb. 168).

Betrachten wir jetzt den primären Holzring in seinem Verhältnis zu dem ihm anliegenden Rindengürtel, so haben wir auf die Tatsache hinzuweisen, daß der Rindengürtel, dessen peripherische Zellen schon an sich in der tangentialen Richtung größer sind als in der radialen, sich nun tangential auch stärker zusammenzieht, also in dieser Richtung während der Frostwirkung stark gezerrt wird. Läßt der Frost nach, hört zwar diese Zerrung auf, aber ihre Folgen bleiben. Denn das Gewebe ist zwar dehnbar, aber nicht absolut elastisch, und geht daher nicht vollkommen auf sein früheres Volumen zurück. Dadurch hinterläßt jede Frostwirkung eine Überverlängerung der peripherischen Gewebelagen gegenüber den benachbarten mehr nach innen liegenden Schichten. Der Rindenkörper in seiner Gesamtheit ist also länger geworden und hat entweder auf dem Holzzylinder nicht mehr Platz und hebt sich stellenweise von demselben ab, oder aber er wölbt sich wenigstens mehr nach außen vor, d. h. vermindert seinen schnürenden Einfluß auf die kambialen Elemente des Holzzylinders.

Darauf antwortet die kambiale Zone durch Parenchymholzbildung, wie wir bei jeder Wunde sehen, bei der die Rinde gelüftet wird. Schließt sich der Rindengürtel wieder zu einer zusammenhängenden Schicht, hat auch der Kambiumzylinder des Zweiges bei seinem Dickenwachstum den schnürenden Einfluß der Rinde wieder zu überwinden und bildet daher wiederum normale Holzelemente.

So fällt also die Bildung parenchymatischer Holzbinden innerhalb der jugendlichen Achse unter dasselbe Gesetz der ungleichen Zusammenziehung, das bei alten Stämmen zur Entstehung der klaffenden Frostspalten führt.

Innere Zerklüftungen des Achsenkörpers[1]).

Es ist in dem Abschnitt über die Frostbeulen bereits der Störungen gedacht worden, welche sich an glattrindigen Zweigen und Stämmen einstellen können, ohne daß zunächst äußerlich eine Wunde bemerkbar wäre. Erst im nächsten Jahre nach der Entstehung der Beulen kann der Fall eintreten, daß durch eine sich nachträglich vergrößernde Beule die sie deckenden primären Rindenschichten platzen und als vertrocknete Ränder die hervortretende Neubildung umsäumen. Hier war die Ursache

[1]) Vgl. auch Sorauer, P., Tumor an Apfelbäumen, s. auch S. 367ff.

aber stets nur in Abhebungen der Rindenlagen zu sehen, ohne daß der Holzkörper zersprengt worden wäre.

Wenn man aber die Vorkommnisse im Freien, in sogenannten Frostlöchern, also an Stellen, an denen Spätfröste fast alljährlich und sehr intensiv auftreten, genauer durchmustert, findet man beulige Auftreibungen an Zweigen und Stämmen, die in ihrem Innern mannigfache Zerklüftungen des Holzringes erkennen lassen.

Es ist Sorauer zufällig gelungen, auch derartige Beulen künstlich hervorzurufen, indem er Zweige, an denen der diesjährige Holzring schon eine namhafte Breite erlangt hatte, einer kurzen, scharfen Frostwirkung aussetzte. Abb. 171 stellt eine verheilte innere Zerklüftungswunde an

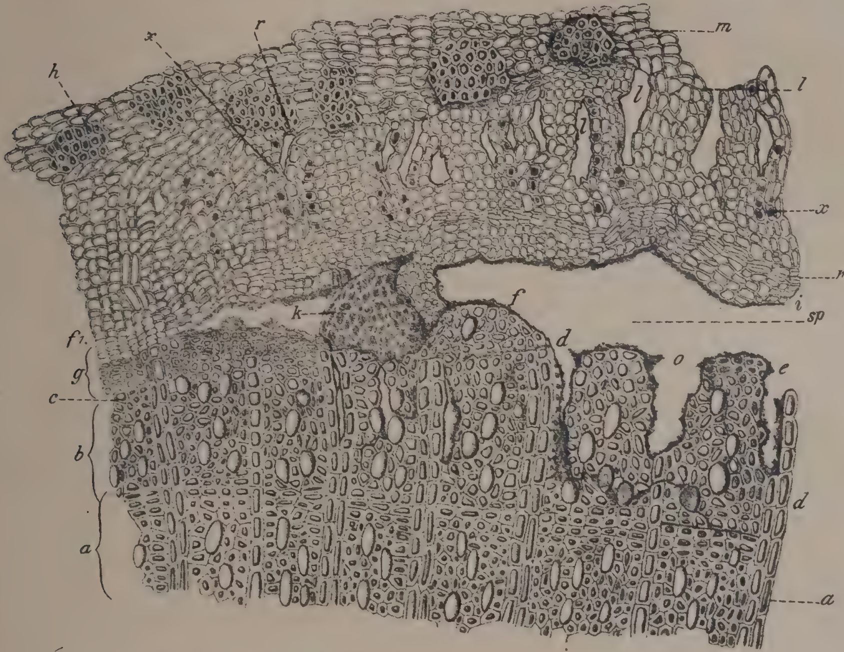


Abb. 171. Durch künstlichen Frost erzeugte innere Zerklüftung bei einem Kirschenzweige. (Orig. Sorauer.)

einem Kirschenzweige dar. Die Frostwunde ist durch einseitiges Abheben der Rinde vom jungen Holze entstanden; *a* ist das alte Holz des Vorjahres, *b* das diesjährige, bis Juni gebildete Frühlingsholz. *g* ist die Splintregion mit der normalen Kambiumzone. Um diese Zeit wurde der Zweig in den Kältezylinder gebracht, und bei der Untersuchung zeigte sich, daß die Rinde im weiten Bogen (*sp*) vom Splinte losgeplatzt war, und daß auch das junge Holz *b* radial zerklüftet erschien. Die Zerklüftung erfolgt entlang den Markstrahlen *d*, welche seltener selbst zerreißen, als vielmehr sich an einer Seite von den prosenchymatischen Zellen und Gefäßen loslösen und dann teilweise zusammentrocknen. Eine in der Zeichnung bei *o* dargestellte radiale Erweiterung der Lücke stellt sich in einzelnen Fällen durch weitergreifendes Vertrocknen der prosenchymatischen, noch teilweise dünnwandigen Splintelemente ein. Doch bleiben im allgemeinen die radialen

Holzspalten schmal, und es bräunen sich nur die Wandungen der auseinanderweichenden Elemente tief.

In der Nähe der durchbrechenden Augen, bei denen also eine Markbrücke den ganzen Holzkörper vom Mark bis zur Rinde durchzieht, ist bei allen Bäumen das Gewebe weicher, die Zahl der schon dickwandigen Holzzellen geringer; es haben sich erst die den Markstrahlen zunächst liegenden Elemente zu Holzzellen mit stark lichtbrechender Wandung ausgebildet, während die weiter entfernt von zwei Markstrahlen befindlichen Zellformen noch dünnwandiger und inhaltreicher sind, auch zwischen sich noch keine weiten Gefäße erkennen lassen. In solchen, einem Auge nahe liegenden Splintschichten zeigt sich als Fortsetzung radialer Sprünge bisweilen auch eine tangentiale Gewebezerklüftung an der Grenze des vorjährigen und diesjährigen Holzes.

Den Zerklüftungen des Holzkörpers entsprechen radiale Lücken *l*, im Gewebe der sekundären Rinde *n*, während die primäre, *m*, mit ihren Hartbastbündeln *h* keinerlei Zerreißungen, sondern nur teilweise Bräunung des Inhalts und der Wandungen einzelner Hartbast- und Rindenparenchymzellen erkennen läßt (*r*). Auch hier entstehen die Lücken vielfach durch Auseinanderweichen der einzelnen Gewebekomplexe und weniger durch Zerreißen der Membranen der einzelnen Zellen. Es trennen sich nämlich die zartwandigen Zellgruppen, welche in der sekundären Rinde dem Bastparenchym der Primärrinde entsprechen, von den in ihrer Entwicklung bereits weiter fortgeschrittenen und deshalb dickwandigeren Rindenstrahlen, an deren Seiten die die Hartbaststränge begleitenden Reihen von Zellen mit oxalsaurem Kalk, *x*, in die Augen springen.

Die radialen Spalten und Klüfte sind aber nur nebensächliche Erscheinungen gegenüber der großen tangentialen Spalte *sp*, welche die Rinde vom Holze trennt. Die Trennungslinie verläuft unregelmäßig bald in den noch kambialen Schichten der Rinde, bald in denen des Splintes. Da man annehmen kann, daß an allen Stellen des Gewebes der Trennungslinie eine gleich große Kraft bei der Erzeugung des Risses tätig war, so geht aus der Unregelmäßigkeit der Trennungslinie hervor, daß das Gewebe in demselben radialen Abstande vom Mittelpunkte des Zweiges nicht überall dieselbe Festigkeit besitzt. Eine solche Unregelmäßigkeit ist durch den auf dem Splinte sitzen gebliebenen und später abgestorbenen Gewebelappen *k* neben dem Holzvorsprunge *f* angedeutet.

Mit Ausnahme dieses Lappens findet sich in der Rißstelle wenig zusammengefallenes Gewebe; selbst die Zellen der jüngsten Rinde, *n*, sind zum Teil zwar tief gebräunt und inhaltsarm, aber nicht zusammengesunken, sondern steif und in ihren Wandungen gegen Schwefelsäure viel widerstandsfähiger geworden (*i*).

Die Heilung solcher Wunden erfolgt in der Regel nicht durch seitliche Überwallung. Man sieht bei ähnlichen Stellen vielmehr zunächst eine Streckung des älteren Rindenparenchyms in radialer Richtung; später entstehen in der Rinde zwischen den Rindenstrahlen anfangs isolierte Meristemherde, welche neue Holzelemente hervorgehen lassen. Das Neuholz drängt allmählich die in diesem Falle nicht veränderten Gewebeschichten *n* gegen den zerklüfteten Splint in der Richtung *f*, *o*, *e* und bildet aus den toten Geweberesten einen braunen Streifen, der um so schmäler wird, je mehr Holz sich über der Rißstelle anhäuft, also der Druck anwächst. Die isolierten Meristemzonen der in dem abgehobenen Rindenlappen

entstehenden Holzbündel vereinigen sich später seitlich miteinander und schließlich auch mit der Kambiumzone *f'* an der unverletzt gebliebenen Zweigseite. Eine solche durch tangentiale Abhebung und radiale Holzringzerklüftung hervorgerufene Beule bleibt für mehrere Jahre äußerlich kenntlich.

Offene Frostrisse.

Eine anscheinend ganz unwesentliche, in Baumschulen bei kräftig wachsenden Exemplaren am leichtesten aufzufindende Erscheinung ist

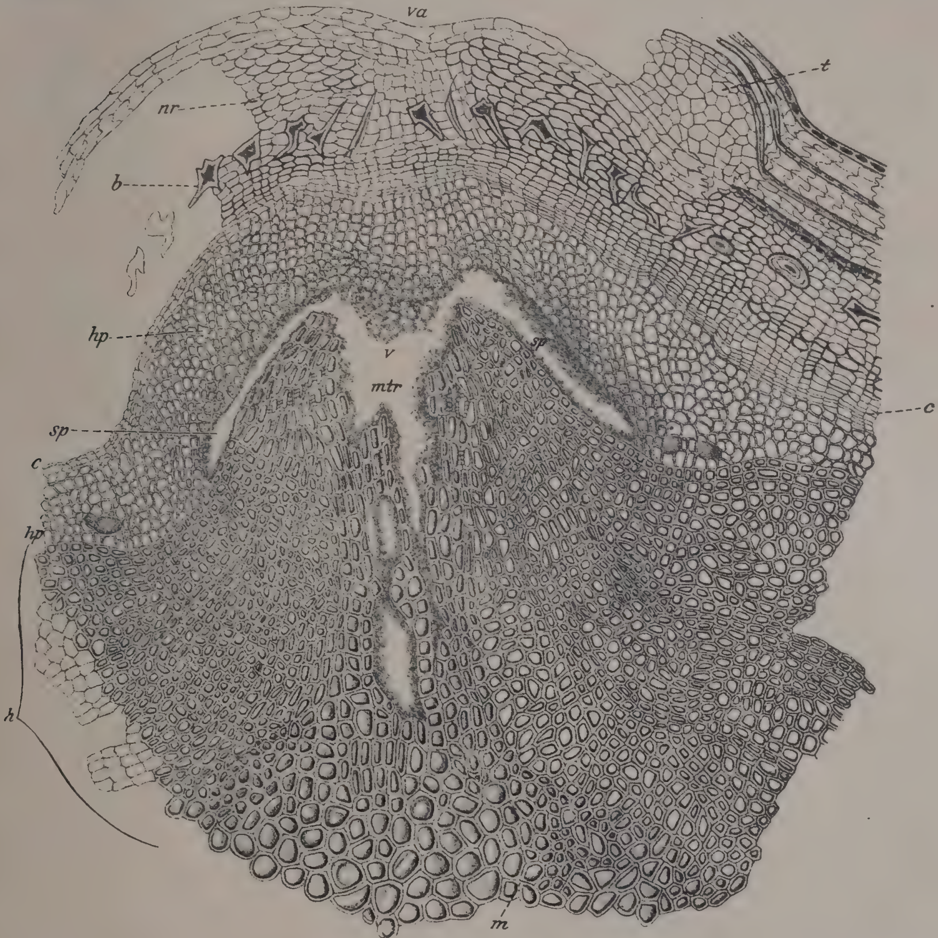


Abb. 172. Querschnitt durch das Augenkissen eines Lärchenzweiges, welches durch künstlichen Frost beschädigt worden ist. (Orig. Sorauer.)

das Auftreten kleiner überwallter Rißstellen. Dieselben treten auch meist etwas mehr oder weniger beulenartig über die glatte Rinde hervor, unterscheiden sich aber von den bisher beschriebenen Beulen dadurch, daß sie an ihrer Oberfläche eine Längsfurche zeigen. Daraus ergibt sich, daß sie durch Verwachsung von zwei lippenartig hervorgetretenen Wundrändern entstanden sind. Diese Erhebungen gleichen sich bei späterem Wachstum

meist wieder aus und haben dann für das Leben der Achse keine weitere Bedeutung.

Aber sie erlangen eine ungemeine theoretische Wichtigkeit für die Erklärung der Entstehung der als Frostkrebs später vorgeführten Gewebewucherungen. Soweit unsere Untersuchungen reichen, stützen sie die Anschauung, daß die Geschwülste des Frostkrebses sehr oft ihren Anfang von derartigen kleinen Rissen nehmen, die zur Zeit der üppigsten kambialen Tätigkeit der Achse im Frühjahr entstehen. Man findet solche Risse meist in unmittelbarer Nähe der Augen.

Bei künstlichen Erfrierungsversuchen gelang es Sorauer, solche Frostrisse zu erzielen. Abb. 172 stellt das anatomische Bild einer solchen Wunde dar, die durch die Einwirkung künstlicher Kälte auf einen $1^1/_2$ Jahre alten Lärchenzweig erzeugt worden ist. Der Zweig ist an einem Augenkissen durchschnitten. Das Holz *h*, welches sonst einen gleichmäßigen Ring um das Mark *m* bilden würde, erscheint durch die breite parenchymatische Markbrücke *m—mtr* unterbrochen.

Dieses Gewebe ist durch den Frost getötet worden und beim Zusammentrocknen zerrissen. Das in der Richtung *v—va* liegende Parenchym war zur Zeit der Frostwirkung (am 18. Mai) noch nicht vorhanden, sondern der Spalt der Markbrücke setzte sich durch die Rinde nach außen fort. Letztere war in der damaligen Kambiumzone auch tangential zu beiden Seiten des Risses vom Splint abgeplatzt und bildete die Spalte *sp*. Aber nur die unmittelbar an den Wundrändern liegenden Zellen sind abgestorben und teilweise zusammengetrocknet. Die ursprünglich getrennt gewesenen beiden Rindenseiten über der Spalte *s p* bildeten sofort in der bei allen Überwallungsvorgängen sich einstellenden Weise durch Vorwölben der peripherischen, gesunden Zellen und Teilung derselben die Anfänge von Überwallungsrändern, die gegeneinander hin sich immer weiter ausbildeten und in kurzer Zeit miteinander verschmolzen.

Die Verschmelzungsstelle der Überwallungsränder *nr* ist an der seichten Einbuchtung *v y* kenntlich, namentlich aber auch an der Lage der Hartbastzellen *b*, welche gegeneinander geneigt erscheinen. Das ganze Gewebe, welches die Spalte deckt, ist im Laufe von sechs Wochen (die Wunde wurde am 4. Juli untersucht) neu gebildet worden. Die alte Rinde, welche der Frostriß gespalten hatte, ist durch die lippenförmig hervorgewölbten Überwallungsränder zurückgedrängt worden und umgibt jetzt die Neubildung als ein scharfer, trockener Rand *t*. Der Überwallungsrand hat in dieser Zeit auch schon Holz gebildet; die ganze derbwandige Zone *hp* ist Neuholz. Dasselbe ist aber unter einem so geringen Rindendrucke entstanden, daß es parenchymatisch kurzzellig geworden ist. Erst später würde die Kambiumzone *c—c*, die durch Verschmelzung der in beiden Hälften isoliert gewesenen Zonen entstanden ist, normale Holzelemente gebildet und immer festere Schichten über die Frostwunde gelagert haben.

Ähnlich der Beschädigung an der Lärche ist die an einem Apfelzweige durch Einwirkung einer Kälte von 3° während 25 Minuten im Monat Juli hervorgerufene Wunde (Abb. 173). Es bedeutet *a* das alte Holz des Vorjahres, *b* das bis zum Juli gebildete Neuholz, *c* die Region, in welcher die Kälte das Gewebe getötet hatte. In den sich über die Wundfläche wölbenden sehr üppigen Überwallungsrändern hat die schneckenförmig sich krümmende Kambiumzone *f* eine dicke neue Rinde *g* und einen neuen, durch die Markstrahlen *d* sich fächernden Holzkörper *e* erzeugt. Aber diese Holzbildung

aus prosenchymatischen Elementen beginnt erst ziemlich weit rückwärts im Überwallungsrande; der davor liegende lippenförmige Teil dieses Randes besteht aus Parenchymholz, an dessen Peripherie sich allmählich einzelne prosenchymatische Zellgruppen *h* kenntlich machen. In demselben Radius, in welchem die ersten derbwandigen Holzzellen auftreten, erscheinen in der Rinde die Anfänge von Hartbastzellen *hb*.

Die Überwallungsränder treten als Buckel mit anfangs lippenförmiger Spalte über der Rinde hervor. Dasselbe Bild gewähren nun natürliche Anschwellungen, die bisweilen an Apfel-, Buchen-, Eschen- und Kirschen-



Abb. 173. Durch künstliche Kälte erzeugter Frostriß an einem Apfelzweige. In Überwallung. (Orig. Sorauer.)

zweigen krebsiger Stämme angetroffen werden, und die wir für die Anfangsstadien der geschlossenen Krebsgeschwülste halten (s. Abb. 178).

Der Krebs (Carcinoma).

Als „Krebs“ bezeichnet man solche Wunden, deren Überwallungsränder zu wuchernden Holzgeschwülsten sich ausbilden. Der Charakter der Wucherung liegt in der ausschließlichen oder überwiegenden Bildung von Parenchymholz an Stelle der normalen prosenchymatischen Holzelemente. Die Krebsgeschwülste haben für jede Gehölzart typische Gestalt.

a. Apfelkrebs.

Der Krebs an den Apfelbäumen tritt in zwei Formen auf, von denen die eine, häufigere sich durch eine breite zentrale, bloßliegende Wundfläche, gebildet aus dem frei hervortretenden, geschwärzten Holzkörper, auszeichnet, welche von wulstigen, sehr starken, nach außen terrassenartig alljährlich zurücktretenden Überwallungsrändern umgeben wird. Im Mittelpunkte der Wunde ist häufig der Rest eines kleinen Zweigstumpfes kenntlich. Derselbe ist in Abb. 174 mit *z* bezeichnet, während der nächste Überwallungsrand durch u^1 kenntlich gemacht worden ist. Wir sehen, wie die Wundfläche sich allmählich vergrößert, indem der erstgebildete, noch ziemlich flache Überwallungsrand abstirbt und sich schwärzt, während

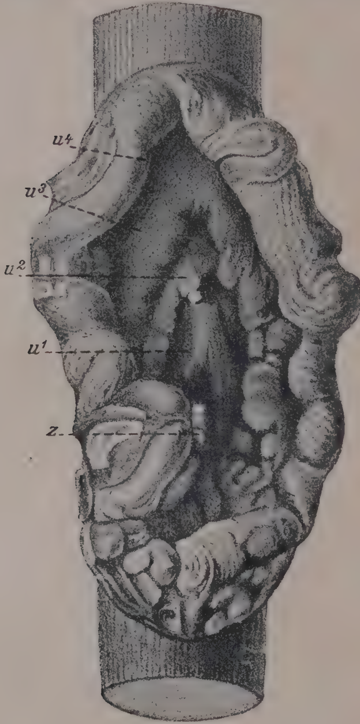


Abb. 174. Offener Apfelkrebs. (Orig. Sorauer.)



Abb. 175. Geschlossener Apfelkrebs. (Orig. Sorauer.)

der nächstjährige u^2, terrassenförmig zurücktretende zur Ausbildung gelangt. Der Vorgang wiederholt sich von Jahr zu Jahr (s. u^3 und u^4), bis die Achse nahezu in ihrem ganzen Umfange von der Krebswucherung erfaßt wird und abstirbt. Solche Stellen mit offen liegender, immer breiter werdender Wundfläche bezeichnet man als offenen Krebs.

Die nach außen hin zunehmende Dicke der Überwallungsränder erklärt sich dadurch, daß das von oben herabkommende plastische Material des noch lebenden belaubten Zweiges in jedem folgenden Jahre durch das Zurücktreten des Überwallungsrandes sich auf einen kleineren Teil des Zweig- oder Stammumfanges zu verteilen hat und demgemäß die immer kürzer werdende Kambiumzone mit relativ reichlicherer Nährstoffmenge zu Neubildungen versieht.

Der geschlossene Krebs (Abb. 176) stellt bei vollkommener Ausbildung annähernd eine kugelige, bisweilen den Zweigdurchmesser um das Drei- bis Vierfache übersteigende, knotige, meist vollkommen berindete Holzwucherung dar (*u*), welche an ihrem Gipfel abgeflacht und im Zentrum der Gipfelfläche trichterförmig vertieft ist (*t*). Im Gegensatz zu dem offenen Krebs umfaßt diese Geschwulst einen viel geringeren Teil der sie tragenden Achse, ersetzt aber die geringere Breitenausdehnung durch bedeutend größere radiale Erhebung, also größere Höhe.

An denselben Zweigen und Ästen, an denen Krebsgeschwülste auftreten, läßt sich häufig auch Brand konstatieren. Bei allen drei Arten von Verletzungen trifft man im Winter nicht selten in den abgestorbenen,

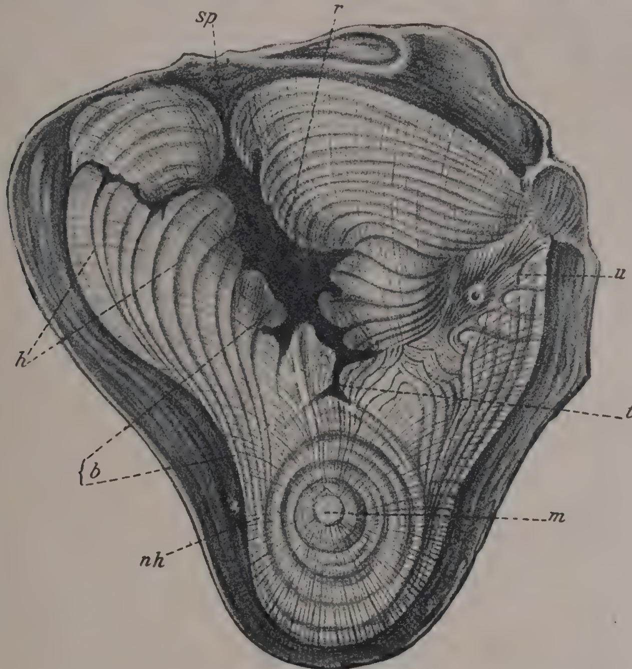


Abb. 176. Querschnitt durch einen Apfelzweig mit einem Knoten des „geschlossenen Krebses“. (Orig. Sorauer.)

zerklüfteten Wundrändern die leuchtend roten bis braunen, stumpf-kegelförmigen oder auch ovalen Kapseln der *Nectria galligena.*

Macht man einen Querschnitt durch die Geschwulst des geschlossenen Krebses, so zeigt sich ungefähr folgendes Bild. Wir sehen (Abb. 176) die ganze große Anschwellung radial in zwei Gruppen zerklüftet durch einen Spalt (*sp*) mit wulstigen Rändern, der die innere Fortsetzung der äußerlich erkennbaren, trichterförmigen Vertiefung am abgeflachten Gipfel der Krebsgeschwulst bildet (Abb. 174 und 175, *t*). Am Grunde des Spaltes liegt meist eine braune, mehlartige oder kittartige Masse, die sich als aus humifizierten Zellresten bestehend erweist. Die Ränder (*r*) des Spaltes sind ebenfalls stark gebräunt; sie werden durch braunwandige, mit totem, braunem Inhalt versehene, parenchymatisch gestaltete, derbwandige, poröse Zellen gebildet. Je weiter man von diesen im Absterben begriffenen

Spalträndern rückwärts nach dem gesunden Teile des Stammumfanges hin fortschreitet, desto mehr verliert sich die braune Färbung. Das Gewebe wird weiß; es ist aus Parenchymholz gebildet, das außerordentlich viel Stärke besitzt. Allmählich treten Gruppen stark lichtbrechender Zellen in diesen Parenchymholzmassen auf; dies sind bereits deutlich langgestreckte, dickwandige Holzzellen, die bisweilen vereinzelt oder in kleinen Gruppen, anscheinend unregelmäßig, verstreut im parenchymatischen Holze erscheinen (Abb. 176, *h*; vgl. den in Abb. 173, S. 617 dargestellten Querschnitt durch einen künstlich erzeugten Frostriß am Apfelzweige). Mit dem Auftreten der ersten Holzzellen parallel geht das Erscheinen der Hartbastzellen (Abb. 173, *hb*) in der Rinde. Diese prosenchymatischen Elemente in dem aus Parenchymholz gebildeten Wundrande sind die ersten Anfänge normaler Jahresringbildung und laufen von dem Wundrande aus nach rückwärts immer näher zusammen, bis sie sich in einem normalen Jahresringe auf der gesunden Seite vereinigt haben. Wenn wir von der normalen Jahresringzone der gesunden Stammseite ausgehen, können wir diese Bildung so auffassen, als ob das prosenchymatische Gewebe eines gesunden Jahresringes (Abb. 176, *nh*) sich innerhalb der Krebsgeschwulst, die der Hauptmasse nach aus hier und da große Kristalle von oxalsaurem Kalk führendem, stärkereichem Parenchymholz besteht, in mehrere fächerartig auseinandergehende Äste spaltet (Abb. 176, *h*) (Fächerung des Jahresringes).

Die Wundränder selbst findet man nicht vereinigt, den Spalt also trotz seiner Enge niemals ganz verwachsen, da die äußeren, den Spalt begrenzenden Zellen immer wieder absterben und auch, falls einmal eine teilweise Verschmelzung stattfinden würde, diese infolge der S. 574ff. bei den Frostspalten angegebenen Gründe wieder zerreißen müßten.

Im Verhältnis zu der ungemein üppigen Neubildung ist die Masse der absterbenden Zellen bei dem „geschlossenen Krebs" sehr gering; daher bildet hier die tote Stelle immer nur einen engen, gewundenen Spalt, während bei dem „offenen Krebs" das ursprünglich getötete Gewebe eine derartig breite Fläche darstellt und das Absterben der Wundränder ein so weitgreifendes ist, daß nicht nur die gleich anfangs abgestorbene Holzfläche ungedeckt bleibt, sondern auch jeder Überwallungsrand durch den folgenden nicht mehr vollkommen gedeckt wird.

Die charakteristische Fächerung bzw. Spaltung eines Jahresringes (Abb. 176, *nh*, *h*) innerhalb der holzparenchymatischen Wucherränder ist bei dem offenen Krebs minder deutlich und kann in dem Falle völlig verschwinden, daß der ganze, gesund gebliebene Achsenteil in der Höhe der Krebswunde an der exorbitanten Verdickung teilnimmt, also eine einseitige Hypertrophie der Achse ausschließt.

Einen Beweis für die Weichheit des Gewebes der Krebsgeschwulst gibt die Trockensubstanzbestimmung von normalem und krebskrankem Wundholz bei Kirsche. Das normale Holz zeigte 66,9% Trockensubstanz, das darüberstehende Krebsholz nur 45,1%.

Aus dem Umstande, daß die Krebsgeschwulst häufig die Dicke des sie tragenden mehrjährigen Zweiges bedeutend übertrifft, ist zu schließen, daß die Geschwulst, die auf einem der diesjährigen, noch grünen Triebe nie zu finden ist, also erst im verholzten Zweige ihren Anfang nimmt, sehr schnell wachsen muß. Bei dieser schnellen Entwicklung des Gewebes ist es nicht zu verwundern, daß die Schwankungen zwischen trüber, feuchter

Witterung und Trockenperioden dadurch zum Ausdruck kommen, daß innerhalb eines Sommers abwechselnd Zonen von dünnwandigem und dickwandigem Holz in der Krebswucherung entstehen (Gallbildung).

Dies sieht man, wenn man in Abb. 176 vom Mark *m* ausgehend die dunklere Zonung verfolgt, welche den derbwandigen Holzelementen entspricht und in dem normalen Achsenteile das Herbstholz gegenüber dem reichlicheren Frühjahrsholz, innerhalb der Krebsgeschwulst aber überhaupt Prosenchym gegenüber dem Parenchymholz andeutet. Die Abbildung zeigt, wie die letztgebildeten, dunklen Ringe im gesunden Teile nach dem kranken hin sich fächerartig teilen. *u* bedeutet einen schräg angeschnittenen, abgestorbenen Ast.

Diese Üppigkeit des Wachstums, welche sich durch Bildung der gefächerten Krebsgeschwulst kundgibt, darf aber durchaus nicht zu dem Schlusse führen, daß das Wachstum des ganzen Baumes stets ein üppiges sei; man findet im Gegenteil bei mageren, schmachtenden Bäumen an gewissen Örtlichkeiten ein regelmäßiges Auftreten von Krebsknoten.

Die krebsigen und auch brandigen Bäume zeigen meistens eine sehr üppige Flechtenvegetation. An der zentralen Haftstelle eines solchen Flechtenpolsters läßt sich oft konstatieren, daß die Korklagen des Zweiges schief aufgeblättert sind und die Thallusstränge sich dazwischen geschoben haben. Ja, man kann Fälle beobachten, in denen der Flechtenthallus die ganze schützende Korklage eines Zweiges durchsetzte und auf den teilweise noch Chlorophyll führenden, kollenchymatischen Rindenzellen angelangt war (vgl. über die Flechtenansiedlungen, S. 182).

Betreffs der Jugendzustände der Krebsstellen ist bei den Frostrissen bereits erwähnt worden, daß derartige kleine Rißwunden wohl sicher Ausgangspunkte von Krebswucherungen sind. Abb. 177 gibt die Abbildung zweier Zweige von einem krebskranken Apfelbaum in natürlicher Größe. Bei Abb. 177, *a* findet sich eine ovale, eingesunkene Rindenstelle in der Nähe eines Auges. Der seit der Verletzung stattgehabte Zuwachs hat die Spannung an der toten Stelle so vermehrt, daß in der Mitte derselben sich ein Sprung in der aufgetrockneten Rinde eingestellt hat. Bei *b* sehen wir ein etwas fortgeschritteneres Stadium; die tote Rinde in der Mitte der Wunde wird bereits durch seitlich hervorgetretene und schon miteinander verschmolzene Überwallungsränder emporgehoben. Die in Abb. 177, *c* und c^1 bezeichneten Stellen weisen nun schon stark hervortretende Höcker mit gleichmäßiger neuer Rindenbekleidung auf; *r* sind die trockenen, schorfartig etwas vorspringenden Ränder der primären Zweigrinde, welche durch den Frost auseinandergeborsten war. Hier sind die Stellen nicht in der unmittelbaren Nähe des Auges; *c* ist mitten im Internodium und c^1 auf der entgegengesetzten Seite eines Auges. Bei Abb. 177, *d* hat die Wunde das Gewebe rings um ein Auge erfaßt. Das Auge ist abgestorben und die Umgebung eingesunken.

Die Wundfläche ist hier sehr groß; die Rinde r^1, unter welche Luft eingetreten, ist mit der gesunden Umgebung noch im Zusammenhang, und die Neuproduktion an der Grenze der toten Stelle hat eine Verbreiterung des Zweiges hervorgerufen, wie sie bei Brandwunden sehr häufig ist.

Die Abbildungen des offenen sowohl als des geschlossenen Apfelkrebses zeigen, daß die Gegend der Achse, in welcher Augen oder jugendliche Zweige sitzen, zur Krebsbildung bevorzugt wird. Eine solche Bevor-

zugung der Region unterhalb eines kurzen Zweigchens zeigt die Abbildung des danebenstehenden Birnenästchens (Abb. 178). Unmittelbar unter dem kurzen Zweigchen bei *a* sehen wir einen tiefen, bereits überwallten Frostriß; bei *b*, der Gegend des sogenannten Astringes mit seinen kurzen Internodien und vielen schwachen Augen ist die Rinde durch viele kleine Sprünge zerklüftet und schuppenförmig aufgetrocknet. Gerade der jüngere obere Teil *c* des Zweiges ist aber gesund geblieben. Bei solchen Rindenspalten findet man die stärksten Überwallungsränder, die manchmal einen einzigen, geschlossenen, mit gleichmäßiger Rinde bekleideten Buckel, oft aber zwei einander berührende lippenförmige, meist der Länge nach verlaufende Auftreibungen darstellen. Derartige Wundränder erscheinen bisweilen faltig nach der gewundenen Mittelspalte, dem ehemaligen Rindenrisse, hin ab-

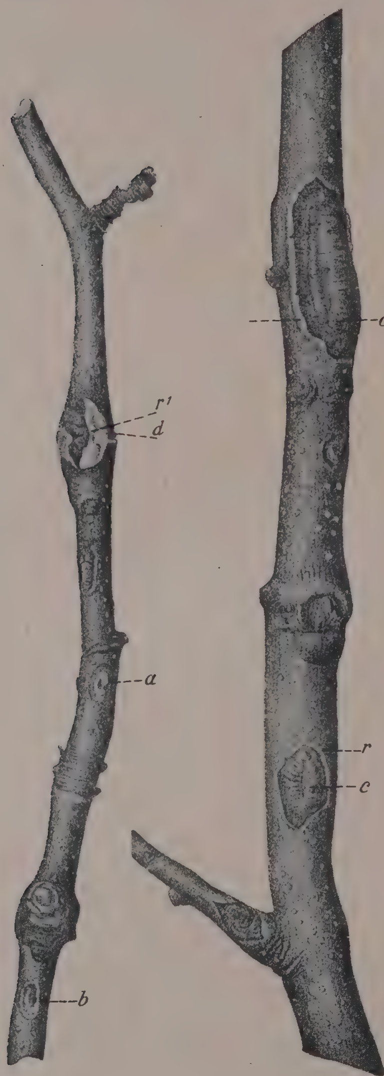


Abb. 177. Jugendzustände des Apfelkrebses. (Orig. Sorauer.)



Abb. 178. Bevorzugung der Zweigbasen seitens des Frostes. (Orig. Sorauer.)

fallend und ahmen dann die Krebswunde nach. Aber nicht immer stellen die Rindenrisse Längsspalten dar, und demgemäß ist dann die Überwallung auch nicht in Form von zwei wulstig aufgeworfenen Lippen anzutreffen, sondern mehr als knollige, kugelige Erhebung mit kraterförmiger, zentraler Vertiefung. An 9 mm dicken Zweigen finden sich

bereits Krebsknoten von 13 mm Höhe und 35—45 mm Breite. Andere, ebenso dicke, zweijährige Zweige zeigen aber auch bisweilen nur sehr schwache, schwielige, mit neuer Rinde versehene, gleichmäßig geschlossene Auftreibungen, welche aus einem Spalt der alten Rinde hervorbrechen.

Die hier vorgeführten Studien stellen fest: Jede Krebsstelle zeigt als Anfangsstadium eine Wunde, welche als schmaler radialer Riß bis auf das Kambium geht und dasselbe in geringer Ausdehnung zu beiden Seiten des radialen Risses abtötet. Diese Wunde muß kurz vor oder zu der Zeit entstanden sein, in welcher der Baum seine höchste vegetative Tätigkeit in der Achse entfaltet, da die Wundfläche sofort durch äußerst üppige Überwallungsränder zu decken gesucht wird. Die Üppigkeit der Überwallungswülste gibt sich dadurch kund, daß, namentlich bei der geschlossenen Krebsform, eine Fächerung des Jahresringes, der vorzugsweise an seinen Randpartien aus Parenchymholz besteht, einzutreten pflegt. Dieser gelockerte Bau macht die Wundränder äußerst hinfällig, so daß sie schädlichen Eingriffen und besonders den Frösten der nächsten Winter mit Leichtigkeit erliegen.

Als Ursache dieser Erkrankungsformen müssen wir den Frost ansehen, weil es gelungen ist, durch Einwirkung künstlicher Fröste solche Anfangsstadien zu erzeugen, wie sie bei den Krebswunden gefunden werden.

Eine Anzahl sehr zuverlässiger Beobachter hat andererseits aber festgestellt, daß man durch Impfung eines Kapselpilzes, *Nectria galligena*, Wunden zu erzeugen imstande ist[1]), welche den Formen des offenen Apfelkrebses vollkommen gleichen. Man hat wohl ein Recht, von einem Pilzkrebs zu sprechen, aber der genannte Parasit ist nicht imstande, eine unverletzte Achse anzugreifen; er vermag nur dann zerstörend weiter sich auszubreiten, wenn er in eine Rindenwunde gebracht wird. Darin stimmen sämtliche Impfversuche überein. Andererseits trifft man dieselbe *Nectria* auf Apfelbäumen, auf Buchen und anderen Laubholzarten auch an, ohne daß sie irgendwelche krebsige Wucherungen veranlaßt. Als spezifischer Erreger von Krebsgeschwülsten kann sie daher nicht bezeichnet werden, sondern wird nur gelegentlich dazu Veranlassung geben, wenn ganz bestimmte Nebenumstände gleichzeitig mitwirken. Außer dem Vorhandensein einer frischen Wundfläche ist es die spezifische Eigenart der Baumspezies bzw. der Kultursorte, welche die Fähigkeit besitzen muß, mit schnell sich ausbildenden Überwallungen von großer Üppigkeit auf den Wundreiz zu antworten.

Diese Fähigkeit ist so typisch, daß man in der Praxis von „krebssüchtigen Sorten“ spricht. Außerdem hat die Erfahrung aber auch gewisse Lagen und Bodenarten kennen gelehrt, in denen die Bäume leicht krebsig werden. Es sind dies sogenannte Frostlagen, luftarmer Boden, eine moorige Bodenbeschaffenheit, undurchlässiger Untergrund usw.

Dies sind feststehende Tatsachen. Wenn man nun im Auge behält, daß die *Nectria galligena* unbedingt eine Wunde zur Ansiedlung braucht, so muß man fragen, woher denn die Wunden kommen. Nach den Beobachtungen im Freien und den Ergebnissen der künstlichen Erfrierungsversuche muß man zu der Überzeugung gelangen, daß die häufigste Gelegenheit die Frostbeschädigungen liefern werden. Für den Birnenkrebs

---

[1]) Siehe Literatur im zweiten Bande dieses Handbuchs, und bei Höstermann-Noack, Lehrb. d. pilzparasit. Krankheiten. Berlin, Paul Parey, 1923, S. 96, 99.

steht Paparozzi auf demselben Standpunkt[1]). Sind die Frostwunden flächenartig ausgebreitet, wie wir sie bei dem „Brand“ sehen (s. denselben), so siedelt sich *Nectria* an, ohne daß der Baum üppige Überwallungsränder bildet. Wenn aber enge, bis auf das Kambium gehende Frostrisse entstehen, und *Nectria* findet Eintritt in dieselben, dann antwortet der Baum, falls er durch Witterung, Standort oder Sortencharakter dazu befähigt ist, mit der Bildung von Krebswucherungen.

Demnach erscheint auch der Pilzkrebs im wesentlichen abhängig von den Frostbeschädigungen, und seine Bekämpfung oder Vermeidung wird übereinstimmend mit der Frostgefahr zu behandeln sein.

b. Astwurzelkrebs.

Als eine besondere Form des Krebses wird der „Astwurzelkrebs“ genannt, der bei Wald- und Obstbäumen eine häufige Erscheinung ist. Er besteht darin, daß Zweige und Äste an ihrer Basis Frostwunden zeigen, welche in die Gruppe der offenen Krebse gehören und aus verschieden großen, schwarzen, toten Holzflächen mit üppigen, unregelmäßigen Überwallungsrändern gebildet werden. Gerade der Astwinkel ist bei manchen Baumarten besonders heimgesucht, und bei den sogen. „Zwieseln“ oder Gabelungen, bei denen also der Unterschied zwischen Haupt- und Nebenachse verschwindet und zwei gleich starke Äste von einem Punkte aus abgehen, zieht sich die entblößte und geschwärzte Holzstelle meist an beiden Seiten in die Höhe, und der Überwallungsgrund wird demgemäß durch das Material beider Äste gebildet (s. Abb. 179). Abgesehen von den empfindlicheren, eingeführten Hölzern sind nach Nördlinger[2]) auch unsere einheimischen Waldbäume den Astwurzelschäden ausgesetzt, namentlich in der Jugend. So z. B. die Buche in schattigen Lagen und schlechten Böden, wobei sich übrigens sehr häufig auch die von den Astwurzeln entfernten Internodien mit Frostplatten bedecken; auch die jährigen Ausschläge der Eichen auf mageren Bodenarten leiden, und bei Eschen zeigt sich die Beschädigung, wenn die Bäume in Einsenkungen mit feuchtem Boden stehen. In solchen nassen Lagen ist die Überwallung außerordentlich üppig, aber öfter durch dicke, rissige, mit Flechten überzogene Borke bis zur Unkenntlichkeit verdeckt. An der Kiefer ist ein solcher Krebs von sehr ungünstiger Heidelage auf Abb. 49, S. 215 abgebildet. Besonders stark vom Krebs und namentlich vom Astwurzelkrebs sind oft Exemplare altersschwacher Pyramidenpappeln auch in jugendlichen Exemplaren (vgl. S. 52) befallen.



Abb. 179. Astwurzelkrebs.

Entgegengesetzt der von Hartig vertretenen Ansicht, daß der Astwurzelkrebs durch Frühlingsfröste bedingt sei, meint Nördlinger, daß die Fröste im Vorwinter die Ursache wären. Er stützt sich dabei auf die

---

[1]) Paparozzi, G., Il cancro del pero. Roma, Offizina poligrafica. 1904.

[2]) Die Septemberfröste 1877 und der Astwurzelschaden (Astwurzelkrebs) an Bäumen. Centralbl. f. das ges. Forstwesen. Wien 1878, Heft 10.

Untersuchung der Holzringe und auf den Umstand, daß der Astwurzelkrebs in Tausenden von Fällen hoch in der Krone und in schattigen, also den Frühjahrsfrösten weniger unterworfenen Lagen so häufig ist.

Daß die Astbasen ganz besonders frostempfindlich sind, erklärt sich aus dem Umstande, daß wegen der dort ursprünglich angelegten größeren Anzahl von Knospen mehr parenchymatische den Holzring durchquerende Markbrücken vorhanden sind. Das parenchymatische Holz ist aber weicher und stärkereicher. Diesem Umstande ist auch zuzuschreiben, daß Borkenkäfer sich gern an Astwurzeln ansiedeln, und daß Waldmäuse, wie Nördlinger angibt, bei Pappelabsprüngen (*Populus monilifera*) häufig nur die Basis der Seitenzweige befressen. Der Frost, auch der Frühjahrsfrost, tötet also am leichtesten die Zweigbasen.

Bei alten, schwachwüchsigen Stämmen vermindert sich die Üppigkeit des Überwallungsrandes bedeutend, und sie kann in der Weise herabsinken, daß wir überhaupt nur schmalringige, langsam unter die tote Rinde sich hinschiebende Überwallungsränder des Brandes erhalten, mit dem der Astwurzelschaden als offener Krebs darin übereinstimmt, daß die erste Anlage kein Spalt, sondern eine einsinkende, auftrocknende, tote Rindenfläche ist. Daher der bei manchen Praktikern geläufige Ausdruck „Zwieselbrand“.

c. Kirschenkrebs.

An Süßkirschen zeigen sich meist halbseitig tonnenförmige Auftreibungen der Zweige oder älteren Äste. Die Rückseite der oft mehr als faustdicken Anschwellungen erscheint nicht selten brandig eingesunken, wobei die tote Rinde von dem geschwärzten Holzkörper abgeplatzt und teilweise abgeblättert ist, teils aber auch in größeren Platten mit aufwärts gerollten Rändern noch festsitzt (siehe Abb. 180).



Abb. 180. Kirschenkrebs. Frostspalt mit Überwallungsrändern in Längsansicht und Querschnitt. (Orig. Sorauer.)

Die tonnenförmige Zweiggeschwulst stellt sich als eine abnorme Ausbildung von Überwallungsrändern (*u* und *u'*) einer sich nicht gänzlich schließenden Wunde (*sp*) dar, wie dies bei dem „geschlossenen Apfelkrebs“ ebenfalls gefunden wird. Bei diesem ist aber das Überwallungsgewebe eine plötzliche, in ungemeiner Üppigkeit auftretende Erweiterung des Jahresringes, während bei der Kirsche die Anschwellung der normalen Zweigseite zum wuchernden Überwallungsrande einen allmählichen Übergang erkennen läßt. Daher stellt sich der geschlossene Apfelkrebs als Knoten, der vollkommen ausgebildete Kirschenkrebs als sanft ansteigende

tonnenförmige Verdickung dar. Neben dieser typischen Form findet man die verschiedenen Übergänge einerseits bis zum geschlossenen Krebsknoten, andererseits bis zu den Flachwunden, welche von uns als Brand bezeichnet werden.

Bei älteren Zweigen krebskranker Bäume erkennt man bisweilen an ihrer Basis kegelförmige Anschwellungen, die alle Übergangsformen bis zur typischen Krebsgeschwulst bieten können. Die Anfangsstadien zeigen sich an einer Zweigseite in Form einer kleinen Frostwunde am ersten Jahresringe. Was hier besonders hervorgehoben zu werden verdient, ist, daß man das enorme Überwallungsgewebe oft von einer Markbrücke aus sich entwickeln sieht. Dies weist also auf eine direkte Beschädigung einer Knospe hin. Die Ausbildung der Überwallungsränder setzt sich in den nächsten Jahren fort, wobei stets nur Parenchymholz angelegt wird, in welchem sich schnell und reichlich Stärke ablagert. Wenn die Krebsgeschwulst einen größeren Umfang erreicht hat, stirbt in der Regel oberhalb derselben der Ast ab, wobei stromabildende Pilze (meist aus der Familie der Valseen), die in Form kleiner Wärzchen hervortreten, reichlich mitwirken.

Wenn man jugendliche (ein- und zweijährige Zweige) krebskranker Bäume durchmustert, findet man brandartige, oft mehrere Zentimeter lange Stellen, an denen statt der einzelnen Augen lippige Überwallungen sich zeigen, während an den darüber und darunter befindlichen Zweigteilen die Augen sich zu kurzen Trieben entwickelt haben. Daraus geht hervor, daß die Beschädigung des Zweiges vor dem Austreiben der Augen erfolgt sein muß.

Da man aber in dem Jahre, in welchem der Zweig gebildet wird, keinerlei Beschädigung wahrnehmen kann, solche jedoch im nächsten Frühjahr gefunden wird, so muß sie im Winter oder Frühjahrsanfang entstanden sein. Es ist also das Nächstliegende, zu vermuten, daß das sich zum Austreiben öffnende Auge vom Froste getötet wird und nun das gehäufte plastische Material zur Bildung wuchernder Wundränder Verwendung findet. Da das Gewebe dieser Überwallungsränder parenchymatisch weich bleibt und fast stets vollgepfropft mit Stärke gefunden wird, so ist es erklärlich, daß es im folgenden Winter der Frostbeschädigung an seinen Rändern sehr leicht erliegt und aus den gesund bleibenden tiefer liegenden Zonen neue Wucherungen produziert.

Der ganze Vorgang wird bei Betrachtung der Querschnittfläche von Abb. 180 deutlich. Man bemerkt hier, daß die Zerklüftung der Achse in kurzer Entfernung vom Markkörper (*m*), und zwar im zweiten Jahresringe begonnen hat. Der dritte Jahresring hat schon üppige Überwallungsränder (*f*) geliefert, die im folgenden Jahre wiederum zerklüftet sind (*sp'*). Diese sekundären Spalten veranlassen sekundäre Überwallungen (*f'*). Die tonnenförmige Krebsanschwellung aber wird hauptsächlich durch die wuchernden Wundränder des Hauptspaltes geliefert, die in fächerförmiger Zonung (*k*) auftreten. Es teilt sich somit ein Jahresring innerhalb der Krebsgeschwulst in mehrere, wie bei dem geschlossenen Apfelkrebs. Dementsprechend wuchert auch der Rindenkörper (*r*) und bildet stellenweise dicke Borkenschuppen aus.

Wie bei allen Krebserkrankungen, findet man auch bei dem Kirschenkrebs mitten in großen Pflanzungen nur einzelne Individuen erkrankt. Bei diesen krebssüchtigen Exemplaren fand Sorauer in gesunden Trieben

vielfach abnorm verbreiterte Markstrahlen, eine Erscheinung, die auch bei anderen Baumarten zu beobachten ist. Sorauer hat daher die Vermutung, daß die Anlage zur Krebssüchtigkeit in der individuellen Neigung zu Markstrahlerweiterungen zu suchen ist.

d. Krebs (Grind, Mauke) des Weinstockes (vgl. S. 629 f.).

An älterem Rebholze sieht man in der Nähe des Erdbodens, ungefähr 10—50 cm von der Bodenebene entfernt, einzelne kleine, kugelige oder große, tonnenförmige Holzauftreibungen von perlartig unregelmäßiger Oberfläche aus der der Länge nach faserig zerschlitzenden Rinde hervortreten. Abb. 181 zeigt zwischen den weiß gezeichneten Rindenstreifen die perlartigen Krebsgeschwülste. Bei kleinen, isolierten Wucherungen erkennt man deutlich, nach Göthes Untersuchungen[1]), ihre Entstehung als Überwallungsgewebe von längsverlaufenden Holzspalten. Es erscheinen die Spalten an der Grenze eines Jahresringes, so daß daraus geschlossen werden muß, sie seien zur Zeit der beginnenden Bildung des neuen Jahresringes durch stellenweises Abtöten der Kambiumzone im Frühjahr entstanden. Betreffs der Entstehung der Wucherungen hat Sorauer einige abweichende eigene Beobachtungen bei der folgenden Krankheit, dem Spiräenkrebs, niedergelegt.



Abb. 181. Krebswucherungen an der Weinrebe.

Die Beschädigung, welche das Kambium getötet, hat auch den alten Holzkörper in einem größeren Kreisausschnitt tief gebräunt. Die von den gesunden Stellen her eingeleitete Überwallung, welche die Spalten manchmal schnell schließt, zeichnet sich durch wuchernde Üppigkeit des Holz- und Rindenkörpers aus. Die sich gegeneinander vorwölbenden Holzränder bestehen aus weichem, gefäßlosem Parenchymholz ohne eigentliche prosenchymatische Elemente, zeigen also den charakteristischen Bau des wuchernden Wundholzes. Wenn die Überwallungsränder sich zu einem zusammenhängenden Jahresringe wieder vereinigt haben, wächst derselbe in der Weise weiter, daß er sich auch wieder durch Markstrahlen fächert, und zwar bilden diese Markstrahlen in ihrer Richtung die Fortsetzung derjenigen des vorjährigen Holzes; dasselbe hat also durch das braune, getötete Gewebe nur eine vorübergehende Unterbrechung erlitten.

Nie zeigen sich die beschriebenen Störungen und Gewebewucherungen am diesjährigen Holze.

[1]) Mitteilungen über den schwarzen Brenner und den Grind der Reben. Berlin und Leipzig, H. Voigt, 1878, S. 28ff.

Das perlartige Hervortreten der Gewebebuckel, welche durch ihre große radiale Ausdehnung die alte Rinde sprengen, erklärt sich nach Göthe durch ein vollständiges „Übereinander-Hineinwachsen“ der Überwallungswülste, die am üppigsten an denjenigen Rebstellen sich vorfinden, welche etwa 30 cm von der Bodenoberfläche entfernt liegen. Von da ab sieht man in der Regel sowohl nach oben als nach der Erde zu die Geschwülste an Zahl und Ausdehnung abnehmen, und ganz dicht am Boden sowie etwa bei 1 m Entfernung von demselben sind sie nur noch selten zu finden. Bei geringer Entwicklung der Krankheitserscheinung vegetieren die befallenen Schenkel noch mehrere Jahre und können auch noch Tragholz produzieren. Bei stärkerer Entwicklung der Krebsgeschwülste stirbt das Holz oberhalb derselben ab.

Wie schnell die Krebsgeschwulst entsteht, zeigt der Umstand, daß man einmal am 8. August Stöcke gefunden hat, bei denen das Veredlungsband $^3/_4$ cm tief in der Gewebewucherung eingebettet lag. Es kann also die ganze, 2,5 cm Höhe besitzende Krebsgeschwulst erst nach der Veredlungszeit (im Mai) entstanden sein, da man nicht annehmen kann, daß man ein Edelreis auf eine schon erkrankte Rebe gebracht haben wird.

Daß die Beschädigungen des Kambiumringes im Frühjahr stattfinden, hat Göthe durch folgenden Versuch bewiesen. Im April, bei Gelegenheit des Rebschnittes, wurden 12 kräftige Tragreben je zwischen zwei Knoten mit einem stumpfen Eisen derartig geklopft, daß eine Verletzung der Kambiumschicht angenommen werden konnte. Sodann wurden Glasröhren über die geschädigten Stellen geschoben und die Öffnungen verstopft. Schon am 8. Juni konnten die ersten Spuren der Anschwellung konstatiert werden, während an den spezifisch grindkranken Reben die Gewebewucherungen erst am 20. Juni erschienen. Bis zum Herbst hin fanden sich in den Glasröhren vollkommen normale Grinderscheinungen ein, die auch denselben anatomischen Bau wie die natürlich gebildeten Wucherränder zeigten.

Als Ursache dieser Wucherungen im Freien ist der Frost im Frühjahr anzusehen. Es sprechen dafür die meisten Literaturangaben, welche ein Auftreten des Weinkrebses nach Frühjahrsfrösten konstatieren[1]). Göthe zitiert: v. Babo, Weinbau, S. 305; Dornfeld, Weinbauschule, S. 129; Köhler, Der Weinstock und der Wein, S. 205; Du Breuil, Les Vignobles. Ferner spricht für diese Annahme die Erfahrung, daß der Weinkrebs nur in den sogenannten Frostlagen auftritt. Göthe führt in dieser Beziehung ein Beispiel von einer Weinpflanzung an, die an einem kleinen Abhange begann, sich durch eine Mulde hinzog und an einem gegenüberliegenden Abhange sich wieder emporhob. An beiden Abhängen standen die Reben gesund, während sie in der Mulde vom Krebs befallen erschienen. Bei einer weiteren Prüfung sah der Beobachter auch noch an 20 anderen Rebstöcken, die in Bodentiefen standen, daß Erkrankung aufgetreten war.

Die Tatsache, daß der Weinkrebs in bestimmter Höhe an der Rebe erscheint, erklärt sich durch die verschieden großen Differenzen zwischen Wärmemaximum und -minimum, denen die Rebe in ihren verschiedenen Höhen zur Zeit der Frühjahrsfröste vielfach ausgesetzt ist.

Bodenentwässerung dürfte sich als das wirksamste Mittel erweisen. Günstige Resultate davon meldet bereits Köhler in seinem vorerwähnten

---

[1]) Vgl. auch K. Müller, Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung, S. 73, Abb. 26, 2. Aufl., S. 77, Abb. 28.

Werke. Daneben wird man vorzugsweise auf die Anpflanzung härterer Sorten Bedacht zu nehmen haben und namentlich richtige Weinlagen (mäßig feuchte, lockere und warme Bodenlagen) zur Anpflanzung auswählen müssen.

Daß der Grind auch ohne Frostwirkung, lediglich durch Stauung des plastischen Materials, entstehen kann, wie Blankenhorn und Mühlhäuser infolge eines zu kurzen Schnittes beobachtet haben wollen (s. Würzburger Weinbaukongreß), ist nicht unglaublich. Sicher ist, daß die in Form von Markstrahlwucherungen sich zeigenden Anfänge der Geschwülste an Reben auftreten können, bei denen im Frühjahr eine stellenweise Abhebung der Rinde vom vorjährigen Holz stattgefunden hat. Solche krebsartigen Wucherungen mögen, wie gesagt, ohne Frostbeschädigung sich ausbilden können, ebenso wie man bei üppigen Kernobstarten krebsartig wuchernde Überwallungsränder findet; allein es fehlt in diesen Fällen die tiefgehende Bräunung des Holzkörpers.

c. Krebs an Spiraeeen.

Eine mit dem Weinkrebs große Verwandtschaft zeigende Krankheitserscheinung entsteht an den Stengelbasen von *Physocarpus* (*Spiraea*) *opulifolius*. Die Krankheit scheint nur in Gegenden mit sehr kalten Wintern häufiger vorzukommen, in anderen Gebieten nach sehr kalten Wintern, so bei Berlin nach — 24°.

Älteres, mindestens zweijähriges Holz mit starken Jahresringen zeigt an der Basis außerordentlich zahlreiche, isolierte oder perlartig aneinandergereihte oder auch gehäufte, weiche, halbkugelige Holzanschwellungen (Abb. 182 *A*, *k*, *kk*), deren Größe von wenigen Millimetern bis zu 1,5 und 2 cm Durchmesser schwankt. Die Anschwellungen sind gebräunt, dunkler als die von ihnen durchbrochenen, flatternd sich ablösenden, äußeren Rindenlagen, manchmal zerklüftet oder in der Mitte trichterförmig vertieft und mit grob chagrinierter, rissiger Oberfläche versehen. Eine Rindenlage ist nicht abhebbar, da die Substanz der Geschwulst bröckelig ist und in Stücken leicht ausbricht.

Bei dem Zerschneiden einer größeren Geschwulst oder, wie man mit aller Berechtigung sagen kann, eines Krebsknotens, sieht man, daß Lamellen festeren Gewebes fächerartig von einer mehr oder weniger breiten Basis ausstrahlen; jedoch sind die Lamellen weder durch die ganze Breite eines Krebsknotens gehend, noch auch scharf von dem zunderartig mürben, dunkleren Grundgewebe getrennt. Dieses selbst ist als eine nach der Peripherie hin immer weicher werdende, wuchernde Fortsetzung des letzten Jahresringes anzusehen.

In Abb. 182 *B*, welche den Querschnitt des Krebsknotens *k* von Abbildung 182 *A* darstellt, bedeutet *m* den Markkörper, *a* den unverletzten Jahresring des ersten, *g* den gespaltenen des zweiten Jahres, *c* das zur Krebsgeschwulst *k* auswuchernde Holz des dritten Jahres; *i* sind die festeren Gewebeinseln und -streifen in der zunderartig mürben Grundsubstanz.

In den bisher zur Beobachtung gelangten Fällen erwies sich der Krebsknoten seiner Hauptmasse nach als die Produktion eines einzigen Jahres, und zwar als eine einseitige Holzwucherung über einer Stelle, welche schon im vorhergehenden Jahre eine keilförmig nach innen zugespitzte Zone von gelockertem, parenchymatischem Holzgewebe gebildet hatte.

Insofern gehören allerdings zwei Jahre zur vollkommenen Herstellung des Krebsknotens. Verfolgt man die erwähnte, keilförmige Zone des Vorjahres rückwärts, bis auf den vorhergehenden Jahresring, so sieht man, daß sie ihren Ursprung von einer gebräunten, schmalen Stelle im ersten Frühlingsholze nimmt.

Das beigegebene anatomische Bild, Abb. 182 *C*, wird die Darstellung erleichtern. Die ganze Abb. *C* ist der radiale Ausschnitt aus dem zweiten Jahresringe eines Stengels und enthält die die eigentliche Krebsgeschwulst vorbereitende Gewebezone. Die Linie *f* bis *ff* stellt den Streifen veränderten Gewebes dar, welcher bei seiner Weiterentwicklung im folgenden Jahre zum vollkommenen Krebsschaden geworden wäre. Das Gewebe unterhalb *a* deutet das Herbstholz des ersten Jahresringes an. Im Holzkörper dieses ersten Jahresringes ist nie eine Störung beobachtet worden, geradeso wie bei dem Weinkrebs der erste Jahresring ebenfalls ganz normal gebaut ist. Das Holz des zweiten Jahresringes *b* fing zunächst auch mit normaler Entwicklung an und setzte sich in derselben Weise bis *b'* fort.

Zu dieser Zeit kam eine Störung, welche den Spalt *d* erzeugte und dessen Ränder *c'* bräunte. Die Entstehungszeit dieses Spaltes muß die der kräftigsten Neubildung gewesen sein; denn schon wenige Zellreihen später, bei *h*, sehen wir den Spalt geschlossen und den Jahresring unter Bildung von Gruppen normaler Prosenchymelemente *p* weiter wachsen. Nur eine einzige Zellreihe *k* bildet einen radialen Streifen aus kürzeren, weitlumigeren Holzzellen. Anstatt daß nun mit dem Älterwerden des Jahresringes und dessen zunehmender Dicke sich der abnorme Holzstreifen verlieren sollte, nimmt derselbe an Breite zu, indem immer mehr Zellen an der veränderten Bauart teilnehmen (*kk*). So schreitet die Störung bis zum Abschluß des zweiten Jahresringes fort und beginnt in verstärktem Maße in der Frühlingszone des dritten Jahresringes *c—c*.

Schon bei Abschluß des zweiten Jahresringes sieht man den Streifen des Krebsanfanges als schwachen Hügel über die Peripherie des übrigen Holzringes hervorragen. Im Frühjahr des dritten Jahres ist die Neubildung an dieser Stelle so üppig, daß der schnell anwachsende, durch eine ebenso wuchernde Rindenpartie *kl* verstärkte Krebsknoten die normale Rinde *r* durchbricht (bei *sp*) und nun als gleichsam fremdes Gebilde weiter wächst, um nach wenigen Wochen als fertiger 1—2 cm hoher Krebsknoten sein Wachstum zu beschließen.

Bei dem Weinkrebs zeigten sich ähnliche Bildungen. Nur hat Sorauer gefunden, daß die zu Anfang des zweiten Jahres sich einstellende Störung, der Lücke *d* entsprechend, in einer breiteren, tangentialen Abhebung von ringförmiger Gestalt besteht. Es macht den Eindruck, als ob bei Beginn der Vegetationsperiode die Rinde vom Holzkörper auf eine größere Strecke hin abgehoben worden sei. Sorauers vielfache Versuche mit künstlichen Frösten zeigen, daß dieser Vorgang tatsächlich eintreten kann und sogar bei den verschiedenen Gehölzen ziemlich häufig anzutreffen ist. Infolge dieser Abhebung entsteht bei dem Wein meist an der Stelle, wo bei *Physocarpus* die schmale radiale Spalte sich befindet, eine tangentiale Lücke. Die abgehobene Rinde bildet zunächst Holzparenchym, und dieser weiche Holzkörper geht ganz allmählich im Laufe des folgenden Sommers in normales Holz über. Hier sind es aber einzelne der breiten Markstrahlen über der abgehoben gewesenen Stelle, welche eine bevorzugte Entwicklung zeigen und am Ende des Jahres als weiche Gewebekappen vorspringen.

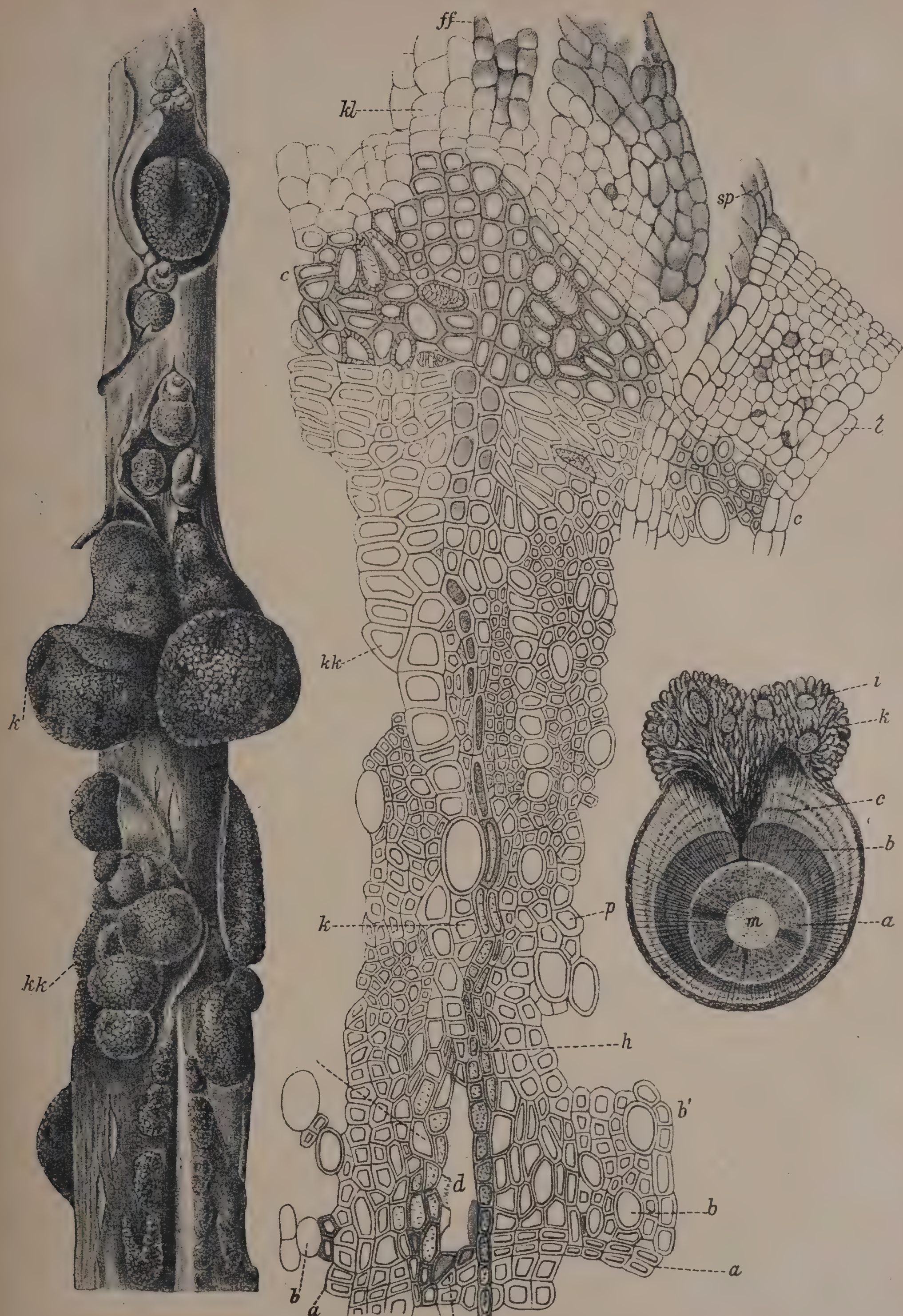


Abb. 182. Krebs an *Physocarpus* (*Spiraea*). (Orig. Sorauer.)

Bei Wein wie bei *Physocarpus* müssen es nach Sorauer also bei der Krebsbildung nicht notwendigerweise Überwallungsränder sein, wie dies bei dem Apfelkrebs stets der Fall ist; bei ersteren können vielmehr unverletzt erscheinende, allerdings durch eine frühere Störung veranlaßte Gewebepolster eines parenchymatisch gewordenen Holzkörpers zu Krebsknoten sich ausbilden. Damit erklärt sich die von Blankenhorn über den Weinkrebs geäußerte Ansicht, daß Stauung von plastischem Material (z. B. nach zu starkem Schnitt) die Krebsgeschwulst veranlassen kann.

Die Bildung der Krebsgeschwulst erleidet insofern manchmal eine Modifikation, als sie schon im ersten Jahre der Vorbereitung entstandenen Krebspolster durch den Frost teilweise getötet werden; es leidet dann die zentrale, weichste Partie, die nun einen schwarzen, vertrockneten Kern darstellt. Im folgenden Frühjahr wachsen dann nur die Randpartien nach Art der Überwallungsränder wuchernd weiter und umkleiden einen Spalt, wie er in Abb. 182 *B* dargestellt ist. Es ist gesagt worden, daß die Randpartien des angehenden Krebsknotens „nach Art" der Überwallungsränder fortwachsen; wirkliche Überwallungsränder mit schneckenförmig übergebogenen Rändern sind nur selten zu finden (auch bei dem Weinkrebs).

Wie Abb. 182 *B* zeigt, geht der Holzring des dritten Jahres unmerklich in die Krebsgeschwulst über. Tatsächlich ist also der Krebsknoten eine Holzbildung; aber dieses Holz ist bei der enormen Schnelligkeit der Gewebebildung so weich, dem ebenfalls wuchernden und von außen her leicht absterbenden Rindengewebe so ähnlich, daß es manchmal schwer fällt, die Grenze zu finden. Dieses lockere, in solcher Weichheit nur noch bei dem Rosenkrebs vorkommende Holz bildet in der fertigen abgestorbenen Geschwulst die braune zunderartige Grundmasse, von der anfangs die Rede war; die festeren, helleren Teile sind die an der Peripherie an Breite und Stärke zunehmenden Inseln von dickwandigen Holzzellen und Gefäßen (Abb. 182 *B*, *i*). Bei Krebsknoten von verschiedener Stärke finden sich die Gefäßgruppen *i* bald in Form keilförmiger, nach außen dicker werdender Lamellen, bald (wie in Abb. 182 *B*) in Form kugeliger Gruppen mit schalenförmiger Anordnung ihrer Elemente. Die Gruppen verschmelzen nicht selten miteinander und bedingen auf diese Weise eine größere Festigkeit; aber ein zusammenschließender Holzring ist nie beobachtet worden. Diese isolierten Prosenchym- und Gefäßgruppen sind es, welche bei dem Zerschneiden dem Messer einen so großen Widerstand entgegensetzen, daß sie sich schon aus dem Verbande mit dem übrigen Gewebe lösen, ehe sie durchschnitten sind. Daher das leichte Zerbröckeln des trockenen Krebsknotens.

Ähnliche Krebsknoten, aber nicht von der Ausdehnung der an *Physocarpus*, wurden im Botanischen Garten in Berlin-Dahlem auch an echten *Spiraea*-Arten, so besonders an *S. Thunbergii*, *S. arguta* und *S. Japonica*-Bastarden beobachtet.

f. Rosenkrebs.

Durch die Kultur der neueren Rankrosen, die (nach Crépin-Brüssel) aus einer Kreuzung von *Rosa Indica* × *multiflora* hervorgegangen sind und als Polyantha-Rosen bezeichnet werden, sind wir mit einer Erscheinung bekannt geworden, welche in das Gebiet der Krebswucherungen fällt, die aber auch an anderen Rosen, so besonders bei *R. multiflora* selbst und ihren

Verwandten beobachtet wurde. Die Abb. 183 *A* und *B* stellen solche Krebsgeschwülste dar, wie sie an der Basis der starken Stämme von *Crimson Rambler* in Deutschland aufgefunden worden sind, Abb. 184 solche an den Zweigen (Astwurzeln) dünnerer Triebe[1]). Ihr Auftreten am unteren Teile dieser bekanntlich auch bei uns äußerst üppig wachsenden Rosenstämme erinnert an die gleichen Vorkommnisse bei dem Weinkrebs[2]). Wie bei allen Krebsbildungen finden wir auch hier diejenige Region der Achse bevorzugt, an welcher Zweige (183 *A*, *a*) entspringen, und an diesen selbst

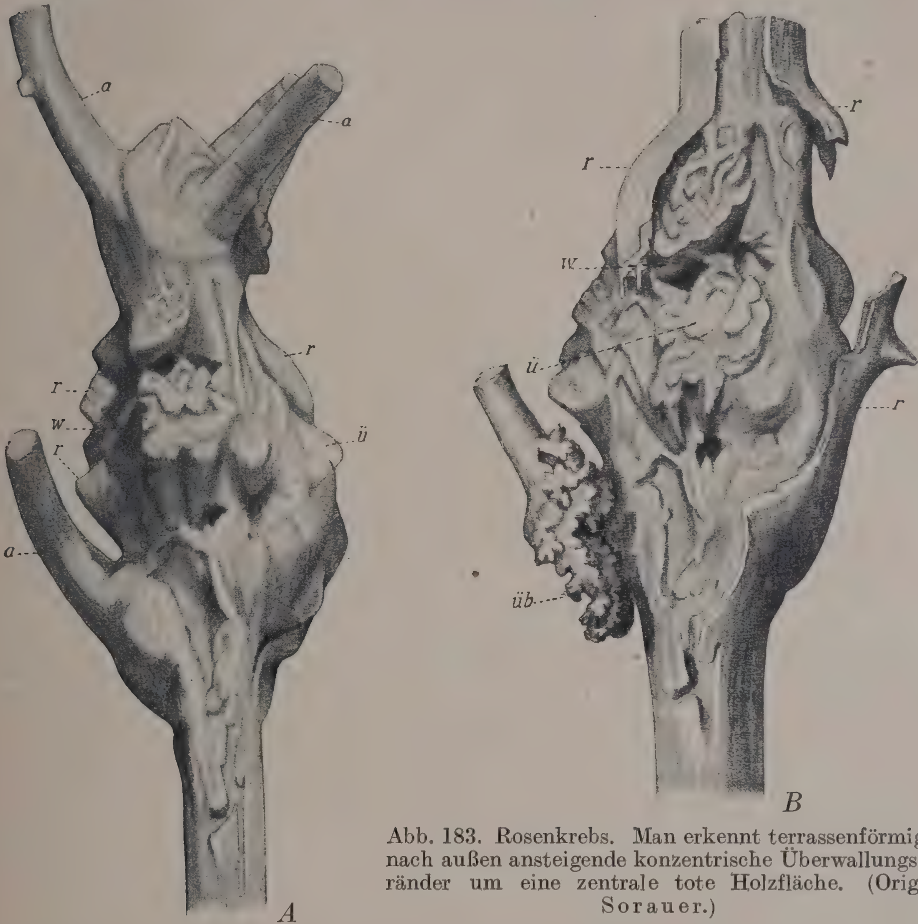


Abb. 183. Rosenkrebs. Man erkennt terrassenförmig nach außen ansteigende konzentrische Überwallungsränder um eine zentrale tote Holzfläche. (Orig. Sorauer.)

die Basis stark verdickt oder in gekrösartigen Wucherungen aufgebrochen (*B*, *üb*). Zur Erklärung dieser Erscheinung darf man sich nur daran erinnern, daß an jeder Stelle der normalen Achse, von welcher ein Zweig abgeht, der Holzring gelockert und für Störungen besonders empfindlich

[1]) Laubert, R., Rätselhafte Kropfbildungen an Eichen, Birken und Rosenzweigen. Deutsche Landw. Presse XXXVI (1909), S. 211 ff. mit 4 Abb.

[2]) Laubert, B., Cryptosporium minimum nov. spec. und Frostbeschädigung an Rosen. Centralbl. f. Bakteriol. Parasitenkunde u. Infektionskrankh. II. Abt. XIX (1907), S. 163 bis 168, mit 3 Abb., beschreibt eine Pilzinfektion an den bekannten durch Frost entstandenen schwarzen Rindenstellen ohne Bildung von Krebswucherungen.

ist. Denn der Markkörper erweitert sich an den Zweigansatzstellen zu einer den Holzring quer durchsetzenden Markbrücke, die in die Seitenzweige abgeht. An jedem sich entwickelnden Aste stehen die Augen an der Basis am engsten beieinander; sie sind zwar oftmals wenig ausgebildet, weil auch die Blätter noch schuppenförmig oder doch unvollkommen sind, aber die parenchymatischen Markbrücken, welche den Holzring durchqueren, sind vorhanden.

Die Krebsstelle an der Hauptachse läßt im vorliegenden Falle wie bei dem „offenen Apfelkrebs" eine zentrale Wundfläche mit bloßgelegtem gebräunten Holzkörper (Abb. 183 *A* und *B*, *w*) erkennen, welche durch terrassenförmig nach außen aufsteigende wulstige Überwallungsränder (*ü*) umkränzt wird. Aber diese Wundränder behalten nicht, wie bei dem Apfelkrebs, ihren gleichartigen, wallähnlichen Charakter, sondern bilden

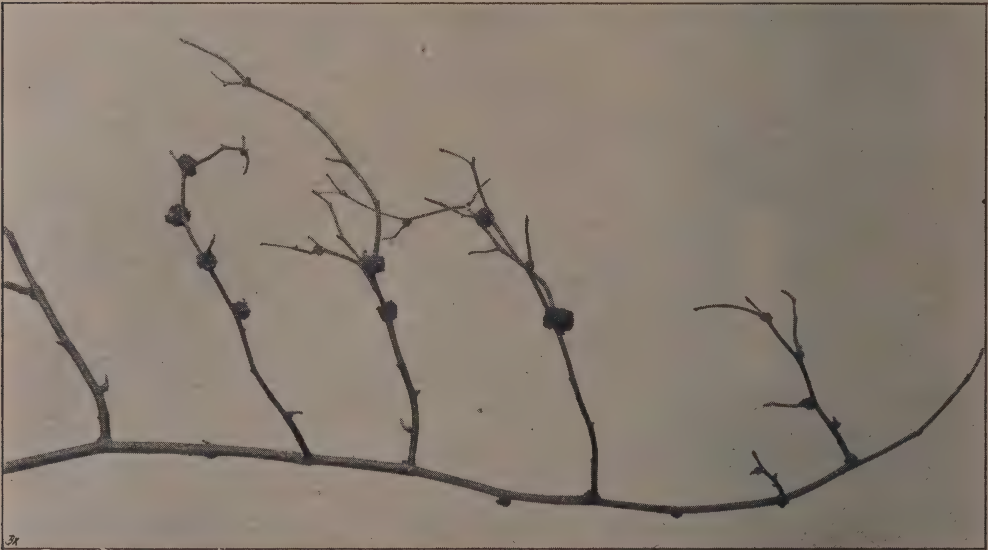


Abb. 184. Rosenkrebs (etwa 3/4 natürl. Größe; nach Laubert).

sich zu unregelmäßig höckerigen oder perlig übereinandergetürmten Gewebemassen aus. In anderen Fällen tritt der Rosenkrebs ähnlich wie die Krebsknoten bei *Physocarpus* in geschwürartigen, verflossenen, langgestreckten Wundrändern auf, welche einen vom Astablauf ausgehenden Längsspalt bekleiden. Alle Wuchergewebe sprengen schließlich die Rinde (*r*) entzwei.

Einen Einblick in das Zustandekommen dieser an Üppigkeit von keiner anderen Krebsgeschwulst übertroffenen Wucherungen erlangt man durch den obenstehenden Querschnitt des Rosenstammes an einer Stelle, wo er eine kleine, isoliert hervortretende, perlartige Erhabenheit gebildet hat (s. Abb. 186). Wir erkennen, daß der Stamm im ersten Jahre seine normale Ausbildung erlangt hatte: um den Markkörper ist ein normaler Holzring (*h*) mit breiten Markstrahlen (*mst*) vorhanden, der später zerklüftete (*v*). Im zweiten Jahre, als die ersten Zellreihen (*gr*) des neuen Holzringes in der Ausbildung begriffen waren, muß sich eine Störung in Form einer Lockerung

geltend gemacht haben, denn der neue Holzring (*hp*) hat zum großen Teil den Charakter des Parenchymholzes angenommen und nur stellenweise (*h'*) den durch Ausbildung von Gefäßen und dickwandigen Holzzellen gekennzeichneten normalen Holzbau beibehalten. Die Ursache dieser Lockerung ist ein Rindenriß gewesen, dessen Spuren man in der lippenförmigen Einbuchtung am oberen Teile der Abbildung erkennt. Die deckenden Korkschichten (*k*) der Rinde sind entzweigesprengt worden, und das beiderseits

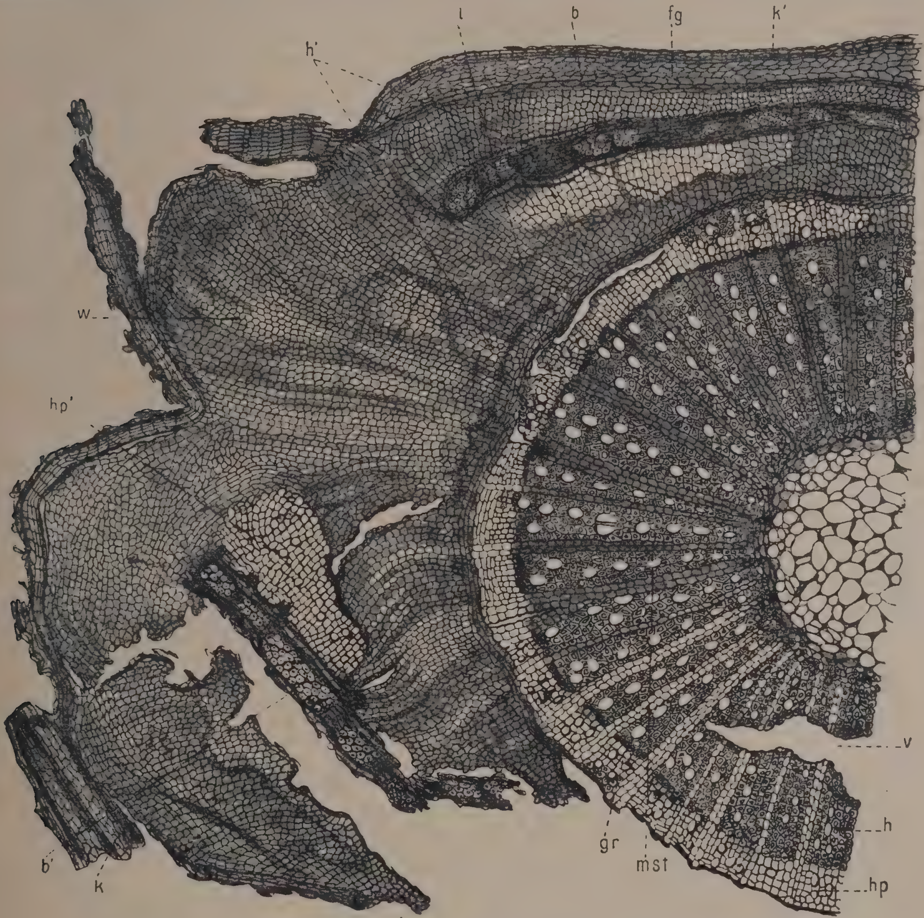


Abb. 185. Anfangsstadien des Rosenkrebses. (Orig. Sorauer.)

hervorquellende Überwallungsgewebe (*w*), das sich wiederum mit einem Korkmantel bekleidet hatte, ist zu einer geschlossenen Masse in unmittelbarer Nähe des (nicht gezeichneten) Risses verschmolzen. Wenn man, von der üppigsten Stelle des Wuchergewebes (*w*) ausgehend, dasselbe rückwärts nach der gesunden (oberen) Zweigseite hin verfolgt, sieht man, daß es sich allmählich auskeilt und innerhalb der Rinde normalen Charakter (*fg*) anzunehmen beginnt. Hier ist die Lagerung der Hartbaststränge (*b*) noch nahezu normal, aber ihre Beschaffenheit ist stark verändert. Die Mehrzahl der Bastzellen zeigt gelben, verquollenen Inhalt und leicht gebräunte

Wandung. Dennoch aber treten sie als leuchtend helle Gruppen aus dem tiefbraun gefärbten Rindenparenchym hervor, das durch eine nachträglich entstandene Tafelkorklage (*k*) von den äußeren kollenchymatischen Rindenschichten abgegrenzt ist.

Die Zeichnung zeigt aber, daß der Ring von Bastzellen (*b*) in dem Maße sich weiter vom Holzzylinder entfernt, als er weiter in das Wuchergewebe eintritt; er ist also durch die Vermehrung desselben vom Holzkörper abgedrängt worden. Gleichzeitig sieht man, daß der Bastring auch von den äußeren, kollenchymatischen Schichten weiter abgerückt ist. Es muß deshalb auch eine Zellvermehrung in der Primärrinde eingetreten sein.

Es fragt sich nun, ob das Gewebe, welches den Bastring vom Holzkörper abdrängt, ausschließlich ein Produkt der sekundären Rinde ist, oder ob auch der Holzzylinder selbst dazu beigetragen hat. Die Antwort erhalten wir durch die Gewebegruppe (*hp'*), welche Parenchymholz darstellt. Wir finden derartige Gruppen parenchymatischen Holzes innerhalb eines weichen, dünnwandigen Gewebes bei der Heilung von Schälwunden, bei denen sich aus den jüngsten vom Holzkörper stehengebliebenen Splintlagen neues Gewebe bildet. Wir lernen ferner bei dem Studium der falschen Jahresringe (s. d.) und bei den Heilungsvorgängen der inneren Frostrisse die Bildung von Parenchymholz aus der gelockerten Splintholzschicht kennen. Auch bei den Veredlungsvorgängen, namentlich der Okulation und dem Rindenpfropfen, sehen wir Vernarbungsgewebe vom jüngsten Splintholz neu gebildet werden, wenn die eigentliche Kambiumzone verletzt worden ist. Bleibt das Kambium bei einer Verwundung erhalten, so entwickelt sich dieses im Falle einer Lockerung des Korkgürtels der Rinde durch einen Riß zu einem zunächst parenchymatischen Gewebe, das an seiner Peripherie allmählich in den normalen Holzbau in dem Maße übergeht, als sich der normale Rindendruck wiederherstellt (s. Wundheilung). Dieselben Neubildungen können, wie gleichfalls unten gezeigt wird, auch auf der Innenseite der Rinde entstehen, wenn man dieselbe vom Holzzylinder abhebt, ohne daß ihre Ernährung gänzlich unterbunden wird. Es ist experimentell festgestellt, daß ein bloßgelegter Holzkörper neue Rinde und ein abgehobener, aber am oberen Ende auf dem Holzkörper noch festsitzender Rindenlappen neues Holz erzeugen kann.

Dadurch wird uns der Vorgang bei dem Rosenkrebs verständlich. Im ersten Frühjahr entstand ein Rindenriß, der bis auf das bereits in einzelnen Zellreihen angelegte Frühjahrsholz des neuen Jahresringes reichte und auch seitliche Abhebungen der Rinde vom Splint zur Folge hatte, wie die Lücken (*l*) erkennen lassen.

Durch diesen radialen Spalt war der schnürende Einfluß, den der Korkgürtel (*k*) auf Rinde und Jungholz auszuüben pflegt, zunächst gänzlich aufgehoben, und die Folge war nun die luxuriierende Vermehrung des Jungholzes (auf der unteren Seite der Abbildung) dort, wo die kambiale Zone nicht gestört worden war, und andererseits die üppige Vermehrung des Parenchyms der Innenrinde dort, wo dieselbe vomJungholz abgehoben worden war (bei *l* auf der oberen Seite der Abbildung). Die Neubildungen sind, gleichviel, ob vom abgehobenen Rindenlappen oder vom Jungholz ausgehend, gleichmäßig kallusartig und verschmelzen unmerklich miteinander. Sie sind es, welche den ehemals zusammenhängenden Bastring (*b*, *b'*) entzweigesprengt, den stärkstbeschädigten Teil desselben (*b'*) nach

außen gedrängt und nach seiner Abklüftung von der Außenrinde zum Absterben gebracht haben.

Durch Einschüttung eines Krebsknotens in feuchte Erde lassen sich mitunter aus ihm echte Wurzeln hervorlocken, wie mehrfach im Dahlemer Botanischen Garten beobachtet werden konnte.

Wir finden hier jene Bräunung der Markkrone, jene Zerrungen und Erweiterungen der Markstrahlen, jene Abhebungserscheinungen und Gewebezerklüftungen wieder, die experimentell durch Einwirkung künstlicher Fröste erzeugt wurden. Die Frostwirkung muß in der Zeit geschehen, in welcher die kambiale Tätigkeit eben beginnt, wie man aus den wenigen Zellagen ersieht, die der neue Jahresring erst gebildet hat. Wie sehr der Zeitpunkt der Verletzung ausschlaggebend ist, beweisen die Versuche von Göthe, welcher, wie bereits erwähnt, durch fortgesetztes Klopfen an einer Weinrebe im ersten Frühjahr Wucherungen erzeugt hat, die dem Weinkrebs glichen; der Weinkrebs ist in seiner Entwicklung dem Rosenkrebs nahestehend.

Mit dem ganz sicher auf Frostwirkungen zurückzuführenden Rosenkrebs ist nicht identisch oder doch nur sekundär auftretend die durch den Pilz *Coniothyrium Fuckelii*[1]) verursachte Erscheinung.

Äußerlich sehr ähnliche Krebsgeschwülste sind an Brombeeren nicht allzu selten. Neuerdings sind diese aber durch C. Hahmann[2]) als Pilzkrankheit nachgewiesen, verursacht durch *Coniothyrium thumifaciens*; sie wird daher im zweiten Bande diese Handbuches zu besprechen sein.

Die übereinstimmenden Momente bei den Krebsgeschwülsten.

Bei einem Überblick über das gesamte Beobachtungsmaterial betreffs der Krebse findet man übereinstimmende Züge. Überall bildet die Entstehung einer kleinen Rißwunde den Anfang; überall läßt sich erkennen, daß die Verwundung im zeitigen Frühjahr stattgefunden haben muß, und daß das reichlich mobilisierte Material die Umgebung der Wunde zu äußerst schnell zustande kommenden, abnormen Wucherungen befähigt. Durch den parenchymatischen Charakter der Neubildungen wird eine große Empfindlichkeit gegen schädliche Witterungseinflüsse und namentlich dem Frost gegenüber bedingt. Geringe Frostgrade sind daher imstande, das Krebsgewebe in der nächsten Wachstumsperiode zu verletzen. Der verletzte Gewebekomplex wird darum wiederum mit Wuchergewebe antworten, weil er bei seiner parenchymatischen Natur in der vorangegangenen Vegetationsperiode reichlichst Reservestoffe in Form von Stärke bzw. Zucker gespeichert hat.

Die Krebsformen bei den einzelnen Gattungen der Rosaceen unterscheiden sich nur durch die Art der Reaktion auf den Wundreiz, stimmen aber darin wieder überein, daß sie das Auge und dessen nächste Umgebung als Entstehungsort bevorzugen. Der Grund dafür ist in der Lockerung des Achsenkörpers an der Ansatzstelle einer Knospe zu suchen. Hier ist stets

---

[1]) Güssow, H. T., Parasitic Rose Canker. Journ. of the Royal Hortic. Soc. 1908, Nov. Köck, Ein für Österreich neuer Rosenschädling. Zeitschr. Landw. Vers.-Wes. Österr. 1905, S. 660—666. — Laubert, Vgl. Zeitschr. Pflanzenkr. XVII, S. 252.

[2]) Hahmann, C., Studien über eine Brombeerkrankheit. Angewandte Botanik I (1919), S. 103—111 mit 4 Abb.

der Holzring schmaler und wird schließlich von der parenchymatischen Markbrücke quer durchsetzt.

Die bisher beobachteten Anfangsstadien der Krebsknoten, nämlich die kleinen, meist in der Nähe der Augen entstehenden Rißwunden, haben sich durch künstliche Fröste erzeugen lassen.

Bei krebsigen Bäumen ist in den gesunden Zweigen mehrfach eine abnorm gesteigerte Ausbildung der Markstrahlen beobachtet worden, und dies dürfte ein Fingerzeig sein, um die Neigung gewisser Kultursorten oder einzelner Individuen an bestimmten Standorten zu Krebswucherungen zu erklären, indem derartige Exemplare, deren Markstrahlen bzw. Rindenstrahlen schon im gesunden Zustande luxuriieren, am leichtesten durch Hypertrophie auf einen Wundreiz antworten werden.

D. Frostschutzmittel.

Stroh, Schneedecken usw.

Das allgemein angewendete Verfahren, Pflanzen gegen Frost zu schützen, besteht darin, daß man dieselben mit möglichst schlechten Wärmeleitern umgibt. Man bedeckt die Weinstöcke, Rosen usw. mit Erde oder Laub oder bindet die Stämme in Moos, Stroh u. dgl. ein. Alle diese Mittel sind gut. Die bei den Laien verbreitete Anschauung, daß die Decke „warm" halte, ist natürlich irrtümlich; andauernde Kälte dringt selbstredend auch ins Innere der Packung, sie ist nur wenig von der äußeren Lufttemperatur abweichend; aber sie dringt langsam ein, die gefährliche Plötzlichkeit der Temperaturschwankungen wird vermieden.

Untersucht man den Boden unter einer vielleicht nur 15 cm hohen Schneedecke, so findet man denselben ganz bedeutend wärmer. Göpperts Untersuchungen[1]) geben auch über diesen Gegenstand die schönsten Belege. Im Februar 1870 war die Temperatur sehr niedrig; das Thermometer sank am 4. auf durchschnittlich — 12,6°, und dabei war die Temperatur unter einer 10 cm hohen Schneedecke — 3°. Der Lufttemperatur

von	— 14,7°	am	5./2.	entsprach eine Temperatur unter dem Schnee von	— 4,6°
„	— 17,6°	„	6./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5°
„	— 16,7°	„	7./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5,5°
„	— 16,7°	„	8./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6,5°
„	— 15,4°	„	9./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6°
„	— 14,9°	„	10./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6°
„	— 15,8°	„	11./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5°
„	— 5,7°	„	13./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 2°
„	— 2,8°	„	16./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 1,5°

Der Boden selbst war unter der Schneedecke 36 cm tief gefroren, aber die Temperatur desselben selbst an dem kalten 5. Februar in 5 cm Tiefe nur — 1°.

Verwendung des Wassers.

Namentlich bei krautartigen Gewächsen, die plötzlich vom Frost überrascht werden, hilft man sich durch Begießen der hartgefrorenen Pflanzenteile mit recht kaltem Wasser und Einrichtung einer Beschattung. Das Wasser auf den Pflanzen gefriert dann zu einer Eiskruste; hierdurch wird die Temperatur der Pflanze selbst langsam auf 0° erhöht und kann nun von dieser Temperatur an sich nach dem Auftauen der Kruste allmählich weiter erwärmen.

---

[1]) Bot. Zeit. 1871, Nr. 4, S. 54.

Auf demselben Prinzip der allmählichen Erwärmung beruht das Einschütten angefrorener Kartoffeln und Rüben in Bottiche mit kaltem Wasser und das Zusammenwerfen gefrorener Kohlköpfe in Haufen, die mit Strohmatten bedeckt werden.

Gegen die Nachtfröste im Frühling und Herbst, wo es vorkommen kann, daß die Lufttemperatur gar nicht bis auf 0° sinkt, die Pflanzen aber durch Ausstrahlung gegen den heiteren Himmel unter 0° erkalten, sich mit Reif bedecken und erfrieren, schützt man dieselben durch Mittel, welche die Strahlung hemmen. Man spannt Decken und Matten über die Pflanzen; auch sehr dünne Tücher sind hier schon von Wirkung, und bei Mangel an Deckmaterial ist das dünne Belegen mit Reisig hier ganz am Platze. Auch senkrechte Wände erweisen sich häufig als vortreffliches Frostschutzmittel; sie wirken einerseits dadurch, daß sie die Winde abhalten, und andrerseits dadurch, daß sie die Ausstrahlung der Pflanzen vermindern. Bei Spalierbäumen an Mauern oder Holzwänden kommt aus der ganz bedeutend verminderten Ausstrahlung des Baumes auf der der Wand anliegenden Seite auch noch hinzu, daß die Wand selbst ihre gespeicherte Wärme allmählich abgibt.

Weniger wirksam, jedoch nicht ganz zu verwerfen ist ein von alten Schriftstellern empfohlenes, bei Gartenkulturen anwendbares Frostschutzmittel im Frühjahr. Der Stamm von Bäumen wird mit einem Strohseil umwickelt, dessen eines Ende in Wasser taucht. Über Beete blühender Frühjahrsblumen werden kreuz und quer in einiger Entfernung von der Bodenoberfläche Stroh- und Wergseile gezogen, deren Enden in einem Gefäß mit Wasser durch einen Stein festgehalten werden.

Zur Erklärung einer günstigen Wirkung dieses Verfahrens wird man an die große latente Wärme des Wassers denken müssen. Wenn das Wasser in den vollgesogenen Strohseilen gefriert, wird Wärme frei, die den darunter liegenden Pflanzenteilen insofern zum Vorteil gereicht, als dadurch das Vordringen der Kälte zu den Pflanzen verzögert wird. So gefrieren auch die Pflanzen in der Nähe größerer Wasserflächen weniger leicht.

Oben beim Abschnitt über das Auswintern ist S. 557ff. bereits auf das schwierige Eindringen der Kälte in feuchten Boden aufmerksam gemacht und der Schutz besprochen worden, der nicht ganz harten, namentlich an ihren Wurzeln empfindlichen Gehölzen dadurch gewährt werde, daß man sie vor Beginn des Winterfrostes tüchtig wässert. Graebner hatte mehrfach Gelegenheit, sich von der Wirkung zu überzeugen, am schlagendsten einmal auf der Kgl. Pfaueninsel, wo ihm Herr Hofgärtner Habermann zeigte, wie seine Leute beim Wässern bis zu einer bestimmten Stelle gekommen waren; dann setzte vorzeitig der Frost ein. Die größte Mehrzahl der immergrünen Gewächse, namentlich Koniferen, waren in der bewässerten Hälfte ohne Schaden geblieben, in den anderen hatten sie mehr oder weniger stark gelitten.

Gleichfalls durch die physikalischen Eigenschaften des Wachsens bedingt, wird als Schutzmittel gegen Frühjahrsfröste die Zurückhaltung der Vegetation empfohlen, den Frost im Winter möglichst tief eindringen zu lassen und dann den Boden mit Streu zu bedecken, so daß das Auftauen verzögert wird[1]).

---

[1]) Burkhardt, Verfahren, um die Obstbäume gegen Spätfröste zu schützen. Deutsche Obstbaumzeitung 1913, Heft 12.

Schmauchfeuer.

Das Verfahren, mehrere Feuer, die recht viel Rauch entwickeln, anzuzünden, ist nach Boussingault in Oberperu von den alten Inkas eifrig ausgeübt worden, soll bei den alten Völkern mehrfach ausgedehntere Anwendung gefunden haben und wird jetzt auch wieder mehr zum Schutz gegen Obstplantagen, Weinpflanzungen usw. benutzt. Nach Göppert bestrebten sich Olivier de Serres im Jahre 1639 und später Peter Hogström im Jahre 1757 die Wirksamkeit des Verfahrens durch Versuche festzustellen. In Württemberg existieren Verordnungen bereits vom Jahre 1796 und im Würzburgischen von 1803, nach welchen im Herbst bei eintretender Frostgefahr für die Weinberge Rauchfeuer angezündet werden müssen. In Schlesien wurde längere Zeit hindurch in Grünberg von diesem Mittel Gebrauch gemacht; es wurde aber, trotzdem es 20 Jahre hindurch von einem Besitzer mit Erfolg angewendet worden, aus Mangel an allgemeiner Beteiligung wieder aufgegeben. Die allgemeine Beteiligung einer Gegend ist aber nötig, da sonst häufig ein einzelner dem Nachbar, auf dessen Felder der Wind den Rauch hintreibt, einen Dienst erweist, ohne Gegendienste zu erhalten. Besondere Vorschriften für diese Schmauchfeuer sind nicht nötig. In klaren Nächten, namentlich gegen Morgen vor Sonnenaufgang, werden die Feuer angezündet und durch feuchte Abfälle, Moos, Stroh usw. genährt, wobei man eben Sorge trägt, daß möglichst dichter Rauch über die Felder hinziehe. Vgl. auch Mayer[1]), Göppert[2]) und Meyer[3]). Vom phylopathologischen Dienst[4]) in Wageningen wird neuerdings zur Rauchentwicklung besonders empfohlen: Torfmull mit rohem Naphthalin getränkt; wirkungsvoll aber teuer.

Natürlich wirkt hier nicht die durch das Feuer erzeugte Wärme, welche schon in geringer Entfernung vom Herde der Flamme nicht nachweisbar sein wird, wohl aber der Rauch wie eine Wolkendecke, indem er die zu große Abkühlung durch Strahlung verhindert. Durch Tyndals Entdeckungen wissen wir, daß eine Anzahl Stoffe, wie Kohlenoxydgas, Kohlensäure, Sumpfgas, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und ätherische Öle, in äußerst feiner Verteilung in der Luft die Fähigkeit derselben, Wärmestrahlen durchzulassen, auf ein oft sehr geringes Maß reduzieren. Dieselbe Fähigkeit besitzt nun auch der Wasserdampf[5]), von dem Tyndal feststellte, daß er eine 15mal größere Wärmemenge auffing als von der ganzen (unreinen) Luft, in der er verteilt war, aufgehalten wurde. Der Vorgang ist also folgender: Am Tage sendet uns die Sonne ihre Wärme in leuchtenden und dunklen Wärmestrahlen, die der Boden teilweise reflektiert, größtenteils aber absorbiert und so lange hält, bis die Luft kälter wird wie er selbst. Tritt dieser Zustand ein, sucht sich das Gleichgewicht der Wärme dadurch herzustellen, daß die Erde nun ihre Wärme in der Form dunkler Wärmestrahlen an den kalten Luftraum abgibt. Sind nun aber die unteren Luftschichten mit einem der obenerwähnten Gase oder mit Wasserdampf stark beladen, so nimmt der Wasserdampf die vom Boden ausstrahlende Wärme

---

[1]) Lehrbuch der Agrikulturchemie 1871, I, S. 382.

[2]) Wärmeentwicklung 1830, S. 230.

[3]) Pflanzenpathologie 1841, S. 323.

[4]) Proefnemingen met rook, ter bescherming van gewassen tegen nachtvorsten. Verslagen en mededelingen von den Phytopath. Dienst te Wageningen XV (1920) mit 4 Taf.

[5]) Tyndal, Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung. Deutsche Ausgabe von Helmholtz und Wiedemann 1867.

in sich auf, anstatt sie durch sich hindurch in die oberen Regionen der Luft zu leiten. Wie groß diese Wärmemenge ist, die von den unteren Luftschichten aufgefangen wird, zeigt Tyndal: „Betrachten wir die Erde als eine Wärmequelle, so werden zum wenigsten 10% ihrer Wärme innerhalb zehn Fuß von der Oberfläche aufgefangen." Durch diese Absorption der dunklen Wärmestrahlen bilden die unteren, wasserreichen Luftschichten einen schützenden Mantel um die Erde, die infolgedessen nicht so tief erkaltet. Der durch das Feuer erzeugte Rauch ist somit ein künstlicher Mantel voll Wasserdampf, der in Verbindung mit zum Teil noch unbekannten Destillationsprodukten die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die von der Ackerfläche ausgestrahlte dunkle Wärme vermindert.

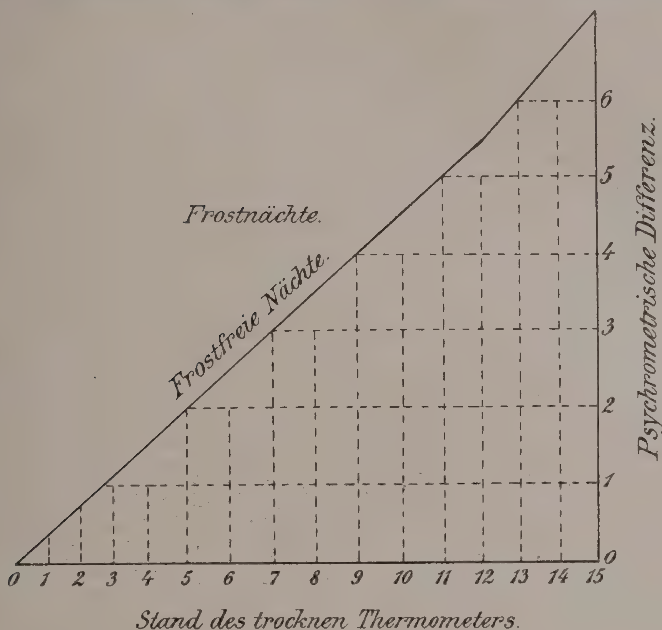


Abb. 186. Nachtfrostkurve nach Lang.

Statt der Schmauchfeuer sollen im westlichen Nordamerika Heizapparate mit Öl zum Frostschutz der Obstbäume verwandt sein[1]).

Die Voraussage der Fröste [2]).

Bei der Kostspieligkeit der Erzeugung von Schmauchfeuern zum Schutze der durch Spätfröste bedrohten Pflanzungen ist es natürlich von größter Wichtigkeit, annähernd vorher beurteilen zu können, ob Nachtfrost eintreten wird.

Es empfiehlt sich daher die Benutzung der von Lang (München) konstruierten Nachtfrostkurve, die auf Psychrometerbeobachtung beruht (s. Abb. 186). Wenn in den Nachmittagsstunden im Frühjahr die

[1]) Lewis, C., und Brown, F. R., Preliminary Frost Fighting Studies in the Roque River Valley. Bull. Oregon Agricult. College, Corvally, Oregon, 1911.

[2]) Vgl. auch die während der Korrektur dieses Bandes erschienene Arbeit von E. Alt, Frühjahrsfröste. Heil- und Gewürzpflanzen III (1919/20), S. 234ff.

Temperatur sinkt und bei Windstille der Himmel klar wird, steigert sich die Wahrscheinlichkeit eines Nachtfrostes. Zur Benutzung beistehender Abbildung sind zwei empfindliche, genau übereinstimmende Thermometer notwendig. Die Quecksilberkugel des einen wird derart mit Gaze umwickelt, daß das untere Ende der Umhüllung in Wasser taucht, also die Kugel stets eine nasse Decke hat. Dieses Thermometer wird infolge der ständigen Wasserverdunstung tiefer stehen als das daneben befindliche Instrument, welches die gewöhnliche Lufttemperatur anzeigt. Aus der Differenz dieser Temperaturen kann man die relative Feuchtigkeit und die Lage des Taupunktes berechnen, d. h. derjenigen Temperatur, bei deren Eintritt der in der Luft zur Zeit enthaltene Wasserdampf als Tau, Nebel oder Regen ausgeschieden wird. Damit aber diese Wasserdampfniederschläge als ein schützender Mantel gegen die durch Ausstrahlung erzeugte Frostgefahr wirksam werden, muß die Tau- und Nebelbildung bei Temperaturen über Null erfolgen, also der Taupunkt über Null liegen. Ist dies nicht der Fall und die Luft trocken, so ist Nachtfrost zu erwarten.

Die mechanische Handhabung würde also folgende sein. Man lese zunächst den Stand des trockenen Thermometers ab und berechne den Unterschied desselben von dem mit der nassen Kugel. Der Stand des trockenen Thermometers wird auf der wagerechten Linie und die gefundene Differenzzahl auf der senkrechten Skala aufgesucht. Schneiden sich nun die beiden von den betreffenden Skalenpunkten ausgehenden Linien rechts von dem gebogenen Strich, welcher die Nachtfrostkurve darstellt, also noch innerhalb des Gitterwerks der Skalenlinien, so ist kein Nachtfrost zu befürchten. Wenn aber der Schnittpunkt erst links von der Hypotenuse des Dreiecks, also außerhalb des Gitterwerkes auftreten würde, ist mit Bestimmtheit Nachtfrost zu erwarten, falls nicht plötzlich die Witterung umspringt und warme Luftströmungen Nebel- oder Wolkenbildung veranlassen. Finden wir beispielsweise nachmittags am trockenen Instrument 8° C und am feuchten Thermometer 4° C, so ergibt sich eine Differenz von 4°. Der Schnittpunkt der senkrechten Temperaturlinie (8) mit der wagerechten Linie der Differenz von 4 würde außerhalb des Gitterwerkes, nämlich links von der Nachtfrostlinie liegen, also wäre Nachtfrost wahrscheinlich.

Siebentes Kapitel.

Wärmeüberschuß.

Allgemeines.

Gestützt auf zahlreiche physiologische Arbeiten[1]), kommen wir zu der Anschauung, daß bei der Beurteilung der durch Wärmeüberschuß hervorgerufenen Beschädigungen dieselben Gesichtspunkte wie bei Wärmemangel gelten (vgl. S. 503ff.). Die individuelle Empfindlichkeit gegen eine das Optimalmaß übersteigende Wärme schwankt je nach dem Standort,

[1]) Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., Bd. II. Leipzig 1904. — Über die bekannte Unterdrückung der Blütenbildung durch Wärmeüberschuß vgl. Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl., 1920. — A. Bier, Ursache des Eintrocknens der Blütenknospen und Abfallen der Blätter bei Azaleen (Erfurter Führer Obst- u. Gartenb. XXI (1920) S. 289) schreibt das erstere mit Recht einem zu warmen Standort und dadurch veranlaßter vorzeitiger Triebentwicklung zu.

der Wasser- und Nährstoffzufuhr und der Einwirkung der übrigen Vegetationsfaktoren, so daß bestimmte Zahlenangaben über zulässige Temperaturwerte immer nur bedingte Gültigkeit haben können.

Betreffs der verschiedenen Empfindlichkeit der einzelnen Organe je nach ihrem augenblicklichen Entwicklungsstadium vertreten wir die Anschauung, daß der Pflanzenteil (ebenso wie gegen Kälte) um so widerstandsfähiger gegen Wärmeüberschuß ist, je plasmareicher und relativ wasserärmer noch die Gewebe sind. Der Hitzetod kommt ebenso wie der Frosttod dadurch zustande, daß die Molekularstruktur des Plasmaleibes irreparabel zertrümmert wird. In welcher Weise dies stattfindet, und wie weit dabei ein Gerinnen gewisser Eiweißkörper mitspricht, wissen wir nicht. Je lockerer der Plasmaleib innerhalb seiner spezifischen Zusammensetzung gebaut ist dadurch, daß schon reichlich Wasser eingelagert ist, desto leichter wird eine solche Zertrümmerung vor sich gehen. Darum sehen wir, daß wasserreichere Organe schneller an Hitzetod zugrunde gehen. Vielfach geht dem Hitzetod eine „Hitzestarre“ voran, aus der die Pflanzen bei Nachlassen der supramaximalen Temperatur heraustreten und ihr Wachstum wieder beginnen können. Je länger die Pflanze im Starrezustand verblieben ist, desto langsamer erlangt sie ihre Tätigkeit wieder[1]).

Ruhende Samen sind ebenso wie gegen Kälte auch gegen Hitze verhältnismäßig unempfindlich, viele trockene Samen vertragen sogar längere Erhitzung auf über 100° ohne wirklichen Schaden. So entwickelten sich z. B. Samen von *Medicago* nach 17stündiger Einwirkung von 100° oder nach halbstündiger von 120° normal. Selbst aber kurze Einwirkungen von 130° waren tödlich[2]).

Einfluß zu hoher Bodenwärme.

Schon Sachs[3]) liefert reichliches Material betreffs der Bestimmung der Temperaturansprüche einzelner Pflanzen und bezüglich der Erhaltung der Keimfähigkeit von Samen, die einer hohen Temperatur in Luft oder Wasser ausgesetzt worden sind. In letzterer Beziehung ergibt sich, daß trockene Samen höhere Temperaturen vertragen, ohne Schaden zu nehmen, als bereits angekeimte, und daß wahrscheinlich das Pflanzengewebe (innerhalb der für die Art zulässigen Grenzen) überhaupt um so widerstandsfähiger gegen Hitze ist, je geringer der Wassergehalt der Zellen sich erweist. Bestätigende Arbeiten lieferten Haberlandt, Wiesner, Fiedler, Krasan, Just, Nobbe, Hoehnel und andere Autoren, betreffs deren auf Pfeffers Physiologie verwiesen werden muß.

Daß man durch Erhöhung der Temperatur über das für eine bestimmte Art gegebene Optimum hinaus schon bei keimenden Samen üble Erfahrungen machen kann, zeigen beispielsweise die Versuche von Just[4]), aus denen sich ergab, daß, ähnlich wie bei Samen von zu hohem Alter, auch durch zu hohe Temperatur eine Verlängerung der Keimzeit und langsamere Entwicklung der Keimlinge hervorgerufen wird.

---

[1]) Hilbrig, H., Über den Einfluß supramaximaler Temperatur auf das Wachstum der Pflanzen. Inauguraldissertation. Leipzig 1900. Vgl. Just, Bot. Jahresber. 1901, 2, S. 203.

[2]) Schneider-Orelli, O., Versuche über die Widerstandsfähigkeit gewisser *Medicago*-Samen (Wollkletten) gegen hohe Temperaturen. Flora C. S. 305—311.

[3]) Experimental-Physiologie S. 64ff.

[4]) Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. II, S. 311.

Betreffs der anatomischen Veränderungen ist eine ältere Studie von Prillieux[1]) von Bedeutung. Bei Samen von Bohnen und Kürbissen, die in Töpfe gesät wurden, welche durch erhitzte Drähte eine hohe Bodenwärme erhielten, ergab sich folgendes Resultat. Die jungen Keimpflanzen verlängerten sich nur wenig und schwer, erhielten aber ein geschwollenes Aussehen. Dort, wo die Schwellung des Stengelchens am intensivsten war, zeigten sich klaffende, bis auf das Mark gehende, meist horizontale Risse. Gegenüber den gleichaltrigen, normalen Pflanzen waren die des überheizten Bodens nur halb so lang, aber von nahezu drei- bis vierfachem Dickendurchmesser an der Stelle der stärksten Schwellung. Dort waren auch die Epidermiszellen zwei bis dreimal breiter als bei den normalen Pflanzen; die Spaltöffnungen zeigten denselben Unterschied, nur in geringerem Maße. Die Haare waren nicht verschieden. Das Rindenparenchym war zwar viermal dicker; eine Vermehrung der Zellen hatte aber nicht stattgefunden. Noch größere, radiale Ausweitung zeigten die Zellen des Markparenchyms; nur im Bastparenchym ließ sich wirkliche Zellvermehrung nachweisen. Prillieux führt ferner an, daß die Zellkerne sich dabei ähnlich den Zellen selbst verhalten; sie hypertrophieren und vermehren sich derart, daß oft drei bis vier in einer einzigen Zelle zu finden sind. Die Kernteilung erfolgt durch Fragmentation. Man nimmt eine solche Zellvermehrung auch in den kurzen, gebogenen und verkrümmten, aber nicht geschwollenen Wurzeln der alterierten Pflanzen wahr. Die großen, deformierten Zellkerne zeigen meist auch ganz unregelmäßige und zu mehreren auftretende Nukleolen, welche durch Schwarzfärbung mit Osmiumsäure nicht selten Vakuolen erkennen lassen. Bei der Fragmentierung der Kerne erscheint meist einseitig vorher eine Falte, welche den Kern einzuschnüren sucht; später bildet sich eine Plasmawand zwischen zwei Nukleolen; die beiden entstandenen Hälften blähen sich auf und suchen sich zu separieren, welche Trennung sich aber nicht immer wirklich vollzieht. Übrigens scheint es, daß die Kernzerklüftung innerhalb einer dem ursprünglichen Kern angehörenden, schon vorhandenen Plasmahülle stattfindet, die erst später zerreißt.

In dieser Vermehrung der Zellkerne und der Weichbastelemente kann man wohl eine Andeutung sehen, in welcher Weise eine dem Optimum näherstehende Erhöhung der Bodenwärme begünstigend wirkt. Es dürfte die Zellvermehrung und die Zuleitung des plastischen Materials beschleunigt werden. Den wohltätigen Einfluß erhöhter Bodenwärme nutzt die Gärtnerei bekanntlich in hohem Maße durch die Mistbeetkästen oder Beetheizung aus. Aber gerade dort läßt sich auch die Beobachtung machen, daß manchen Pflanzen kühlere Klimate eine zu hohe Bodenwärme nicht zusagt; sie wachsen nicht schneller, sondern faulen leicht. Die Assimilationsenergie läßt nach, und der geschwächte Organismus wird jetzt von Spalt- und Myzelpilzen besiegt.

Wie sehr die Assimilation sinkt, wenn die Bodentemperatur zu hoch wird, zeigen die Hellriegelschen Versuche[2]). Vergleichende Kulturen in ausgeglühtem Quarzsande ergaben als Ernteresultat bei

---

[1]) Prillieux, Altérations produites dans les plantes par la culture dans un sol surchauffé. Ann. sc. nat. ser. VI Botanique X, p. 347.

[2]) Beitr. zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig 1883. Vieweg & Sohn.

Roggen:

	bei 8°	10°	15°	20°	25°	30°	40° C konst. Bodentemp.
Frischgewicht	191,5	176,3	269,4	456,6	376,0	408,0	240,1
Trockensubstanz . . .	23,9	22,8	32,4	**49,5**	42,4	47,0	31,2

Weizen:

	bei 8°	10°	15°	20°	25°	30°	40° C
Frischgewicht	98,6	130,8	241,0	260,5	342,0	402,2	296,0
Trockensubstanz . . .	15,8	20,8	29,5	30,8	43,9	**46,9**	40,3

Gerste:

	bei 8°	10°	15°	20°	25°	30°	40° C
Frischgewicht	151,9	156,0	383,4	408,5	435,2	365,0	230,5
Trockensubstanz . . .	17,1	18,0	34,4	36,7	**42,0**	35,0	26,3

Die Resultate beziehen sich auf jugendliche Pflanzen und zeigen deutlich, wie von einer Optimaltemperatur für die Wurzeln aus nach einer oberen und unteren Grenze hin die Produktion abnimmt. Gleichzeitig geben die Zahlen aber auch einen Aufschluß über die Verschiedenartigkeit des Wärmebedürfnisses der verschiedenen Getreidearten. Die höchste Bodentemperatur (wenigstens in der Jugend) beansprucht sonach der Weizen. Die energischste Assimilationstätigkeit entwickelte der Weizen bei 30° C Bodenwärme, während Roggen sich bei 20°, Gerste bei 25° C am besten entwickelten.

Auch in diesem jugendlichen, der Akkomodation zugänglichsten Lebensalter zeigten die Pflanzen deutlich den störenden Einfluß zu hoher Bodenwärme. Abgesehen von einer Verzögerung der Keimung, zeigte sich im Habitus der Pflänzchen ein wesentlicher Unterschied darin, daß dieselben bei hohen Temperaturen in Stengeln und Blättern dünn und schmächtig wurden, während bei niederer Bodenwärme die Exemplare kurz, dick und fleischiger erschienen.

Die Versuche von v. Bialoblocki[1]) ergaben dieselben Resultate und zeigten auch namhafte Unterschiede in der Ausbildung des Wurzelapparates. Die Gerstenpflanzen, welche konstant bei 10° C Bodenwärme wachsen mußten, hatten ihre Wurzeln aus wenigen großen, auffallend starken, schön weißen Ästen erster und zweiter Ordnung gebildet, von denen die letzteren ungewöhnlich kurz und mit kleinen, warzenförmigen Erhöhungen (Zweiganlagen dritter Ordnung) bedeckt waren. Die in einem Boden von 30° konstanter Temperatur stehenden Individuen hatten fadendünne, außerordentlich reichlich verzweigte und zu einem dichten Nest verfilzte, braune Wurzelfasern getrieben. Bei 40° C war der Charakter des Wurzelballens derselbe, aber die Ausdehnung desselben überhaupt ungemein gering; es war ein kleiner Filz in den oberen Bodenlagen gebildet worden. Hierbei spielt wohl die geringe Diffusionsfähigkeit des Bodens bei Wärme eine erhebliche Rolle (vgl. S. 91).

Auch Tolsky[2]) fand bei Hafer die Entwicklung der einzelnen Wurzeln bei niederer Temperatur stärker, und neuerdings bestätigt Kossowitsch[3]) diese Resultate. Die Schnelligkeit des Eindringens der Haferwurzeln in den Boden wird dabei verlangsamt. Eine Bodenschicht von ungefähr 30 cm wurde bei erhöhter Temperatur 14 Tage nach der Aussaat, bei niedrigen Wärmegraden erst nach 30 Tagen durchdrungen.

---

[1]) Landwirtschaftliche Versuchsstationen XIII (1871), S. 424.

[2]) Journ. f. experim. Landwirtschaft 1901, S. 730.

[3]) Kossowitsch, P., Die Entwicklung der Wurzeln in Abhängigkeit von der Bodentemperatur in der ersten Wachstumsperiode der Pflanzen. Journ. f. experim. Landw. 1903; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1904, S. 451.

Auch bei anderen Versuchspflanzen (Senf, Lein) war das Gewicht der lufttrockenen Wurzeln bei niedriger Bodentemperatur am höchsten. Die Verdunstungsgröße der in derartigen Verhältnissen erzogenen Pflanzen war geringer als bei den Exemplaren von gleicher Entwicklung, die bei normaler oder erhöhter Temperatur erwachsen waren.

Mangelhafte Ausbildung unserer Pflanzen in den Tropen.

Bei Übertragung der Kulturpflanzen aus der gemäßigten Zone in die Tropengegenden machen sich bisweilen sehr unliebsame Störungen im Entwicklungsgange der Pflanzen bemerkbar, die den Kulturzweck arg schädigen. Es liegt dies in der unerwünschten Abkürzung der einzelnen Vegetationsphasen, namentlich in der Verkürzung der Periode der Blattentwicklung und der Produktion der Reservestoffe, welche zu früh zur Ausbildung des Reproduktionsapparates verwendet werden. Es leiden darunter namentlich diejenigen Gewächse, bei denen wir durch fortgesetzte Kultur in nährstoffreichem, namentlich stickstoffreichem Boden die vegetative Periode verlängert und den Blattapparat zur üppigen Entfaltung gebracht haben (Kohlarten, Salate usw.). Angaben dieser Art finden wir bereits in älteren Arbeiten, so beispielsweise solche von Duthie[1]) aus Saharanpur, dessen Anbauversuche in Indien mit wenigen Ausnahmen eine zu schnelle Samenreife europäischer Gewächse ergaben. Während die Runkelrübe z. B. in England zum Durchlaufen ihrer Entwicklungsstadien 18 Monate nötig hat, braucht sie in Indien nur 8 Monate. Bei den Kulturformen der deutschen Astern (*Callistephus Sinensis*) äußert sich der Klimawechsel darin, daß kein Same reift. *Brachycome* und *Petunia* verändern ihre Blüten in weiße Farbe. Der Vorgang scheint einen gewissen Gegensatz zu dem Prozeß der Rötung der Pflanzenteile im Frühjahr bei Wärmemangel darzustellen.

Über ähnliche Erscheinungen wird aus dem tropischen Amerika berichtet: Lehmann[2]) fand im westlichen Kolumbien, daß Kohl, Salate, Zwiebeln, Mohrrüben sich in einer dem Kulturzweck nicht genügenden Weise ausbilden. Während die aus Europa bezogenen Samen im ersten Jahre in entsprechenden Örtlichkeiten ausgezeichnete, zarte Gemüse in gewünschter Ausbildung liefern, bringen die nun von diesen Individuen geernteten Samen Pflanzen hervor, die bei Kohl und Salat nur noch Spuren von Kopfbildung zeigen und bei Zwiebeln zu fingerstarken Strünken ohne Zartheit und Schmackhaftigkeit sich ausbilden. Die Pflanzen kommen hier in keine Ruheperiode.

In den flachen Äquatorialgegenden tritt diese Erscheinung schneller und stärker auf als in den höheren Bergregionen und bei 10—15° Breite.

Über den veränderten Entwicklungsmodus bei unseren Obstbäumen im Mittelmeergebiete ist bereits oben S. 77 gesprochen, wo namentlich die Verschiebung der Blüte- und Reifezeiten bei Birnen hervorgehoben wurde.

Verspätete Saat.

Ganz ähnliche Erscheinungen wie in dem zu warmen Klima der Tropen treten ein, wenn die Pflanzen kühlerer Gebiete zu spät im Frühjahr oder im Sommer, also wenn die Temperatur, namentlich des Bodens, bereits

[1]) Gardeners Chronicle 1881, I, S. 627.

[2]) Lehmann, Über eine physiologische Erscheinung bei der Gemüsekultur im tropisch. Amerika. Deutsche Gärtnerzeitung 1883, S. 260.

beträchtlich gestiegen ist, gesät werden[1]). Fast alle unsere heimischen Gewächse und auch die Mehrzahl unserer Gemüse und Zierpflanzen des freien Landes keimen normalerweise in den kühlen Jahreszeiten Frühling oder Herbst. Sie entwickeln dann meist erst eine Rosette grundständiger Blätter oder grundständiger Triebbüschel; jedenfalls erfährt durch die Assimilation der grundständigen Blätter die gestauchte Achse zunächst während der kühlen Zeit eine Kräftigung bis zu einem bestimmten Grade, um dann, so gekräftigt, mit genügender Reservenahrung versehen und mit gutem Wurzelwerk die Ausbildung des oder der Stengel durch Bildung verlängerter Stengelglieder einzuleiten.

Geschieht aber die Aussaat in den bereits zu stark erwärmten Boden, so geht die Keimung oft sehr schnell vor sich, und der normale Entwicklungsmodus der jungen Pflanze wird von Anfang an gestört. Die ersten Blätter, die sich gleichfalls sehr schnell hintereinander entwickeln, sind gleich durch mehr oder weniger deutliche Stengelglieder voneinander getrennt, sie bleiben auch fast stets kleiner. Entsprechend der schnellen Entwicklung und dem dadurch bedingten sofortigen Verbrauch des von den ersten Blättern assimilierten Materials bleiben die Stengelglieder dünn und arm an Reservestoffen, die Pflanze also im allgemeinen schwächlich.

Die starke Verdunstung in der Wärme usw. veranlassen zugleich eine schnelle Ausbildung der mechanischen Elemente in den noch dünnen Wurzelstengeln; das dabei erfolgende Verholzen hindert wieder das normale Dickenwachstum des jungen Stengels.

Die schwächliche Entwicklung des Stengel- und Wurzelkörpers läßt im allgemeinen bei diesen Pflanzen die Neigung zur schnellen Anlage von Blüten erkennen. An den meist wenig verästelten niedrigen Stengeln einjähriger Arten entstehen sehr oft an den zu spät gesäten Pflanzen bereits Blütenknospen, wenn die zu normaler Zeit im Frühjahr gesäten noch mit dem Aufbau ihres kräftig verzweigten vegetativen Pflanzenkörpers beschäftigt sind.

Wohl am auffälligsten läßt sich diese Erscheinung bei einjährigen Sommerblumen beobachten, z. B. bei den Gartenastern (*Callistephus Sinensis*). Diese werden oft noch nachträglich auf kahl gebliebene oder nach der Frühlingsflora nochmals bestellte Beete gesät. Es entwickeln sich dann einstengelige, oft kaum über 1 dcm hohe Pflanzen, die meist nur einen kleinen Blütenkopf oder später vielleicht noch einige schwächliche erzeugen. Die Blüten öffnen sich oft schon Ende Juni oder Anfang Juli, wenn die zu normaler Zeit gesäten noch keine Knospen haben. Ebenso verhalten sich Levkojen, *Nemophila*, *Zinnia*-Arten und viele andere einjährige Kompositen u. a. (C. Peters).

Auch in der Natur lassen sich solche Dinge beobachten. Graebner sah einmal im August bei Blankenberghe in Belgien im August zahlreiche Pflanzen von *Sinapis alba*, die, nur wenige Zentimeter hoch, meist nur die Keimblätter, einen dünnen Stengel mit zwei bis drei kleinen Blättern und ein bis zwei Blüten bzw. Früchten entwickelt hatten. Aus den Samen ließen sich in den nächsten Jahren im Dahlemer Garten die gleichen Formen erziehen. Im Urwalde von Bialowies kommen zahlreich zwei Formen der *Cardamine impatiens* vor; die normale zweijährige und eine rosettenlose dünnstengelige Spätsommerform. Diels[2]) gibt zahlreiche Beispiele früh-

[1]) Johannsen, W., Studier over Planternes periodiske Livs yttringer, I. K. Danske Vidensk. Selsk. Skr. 6. r. nat. math. Afd. VIII, 5, S. 275—394; vgl. Bot. Jahresb. 1897, 1, S.

[2]) Diels, L., Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich. Berlin 1906.

blühender Jugendformen, die im wesentlichen durch die Begünstigung der Blütenreife durch Trockenheit (vgl. oben Blütendrang) oder Störung der vegetativ förderlichen Ernährung veranlaßt werden. Bei der verspäteten Saat ist der letztere Fall vorliegend; Herr Oberinspektor Peters macht noch mit Recht darauf aufmerksam, daß, wenn die verspätet im warmen Boden keimenden Pflanzen ihre dünnen Stengel frühzeitig verholzen, oft schon nur wenige Zentimeter hohe Pflanzen nicht mehr verpflanzbar sind; sie haben die Fähigkeit, in die Dicke zu wachsen und kräftig neue Wurzeln zu bilden, verloren, wie es sonst bei nur älteren Exemplaren der Fall ist.

Die in der Natur nicht selten beobachtete Ausbildung einer zweiten (Sommer-)Generation einjähriger oder besonders einjährig überwinternder Pflanzenarten wird eine jener artbildenden Kräfte durch Saisondimorphismus (Wettstein) sein. Jedenfalls lassen sich zwischen den völlig gesunden und fruchtbaren Sommerzwergen die Spätgenerationen und den krankhaft geschwächten Spätlingen alle Übergänge finden.

Hierher zu rechnen sind die bei uns nicht selten zu beobachtenden Erscheinungen, daß Gemüsepflanzen, welche zu spät im Jahre ausgesät werden, mit der Entwicklung ihrer vegetativen Organe zu schnell in die heiße, trockene Jahreszeit kommen. Der Laubkörper wird hart, und die parenchymatischen Anschwellungen werden schnell holzig. Einjährige Samenträger (Getreide, Sommerblumen) werden notreif. Erbsen werden bei zu später Aussaat sehr leicht vom Rost (*Uromyces*) überwältigt. Daß die Turgeszenz der Gewebe bei zu hoher Temperatur abnimmt, hat bereits Kraus[1]) ausgesprochen.

Die Folgen einer Verspätung in der Bestellzeit sind durch Versuche von Fr. Haberlandt[2]) und H. Thiel[3]) gezeigt worden. Der ausführlichste ist der von Haberlandt im Jahre 1876 mit den vier Sommergetreidearten angestellte, bei welchem an jedem 1. und 15. der Monate April, Mai und Juni eine Aussaat auf ein 3 qm großes Beet erfolgte. Die Resultate lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Das Erntequantum nahm bei allen Sommergetreidearten um so mehr ab, je später die Aussaat vorgenommen worden war. Dies war zunächst begründet in der wesentlich schwächeren Bestockung der spät gesäten Körner und prägte sich am meisten in der geringeren Zahl der wirklich fruchtbaren Halme aus. Nicht nur in quantitativer Beziehung, sondern auch der Qualität nach war eine Abnahme sehr in die Augen springend. Das Strohgewicht stieg verhältnismäßig mit der Verspätung der Saat; es erhöhte sich überhaupt gegenüber dem Körnergewicht der Anteil der Ernte an Stoppeln und Wurzeln unverhältnismäßig. Auch die Qualität der Körner selbst nahm sehr ab; Gerste- und Haferkörner besaßen bei Ernten von später Aussaat einen größeren Gewichtsanteil an Spelzen; je kleiner die einzelnen Früchte waren, desto mehr zeigte sich dieses Mißverhältnis.

Auch die Hellriegelschen Experimente[4]) zeigen ähnliche Resultate. Gerste in den Monaten April, Mai, Juni, August und September in Töpfe mit gleicher Nährstoffmischung und Bodenfeuchtigkeit unter sonst ganz

---

[1]) Molekularkonstitution des Protoplasmas. Flora 1877, S. 534.

[2]) Haberlandt, Fr., Die Beziehungen zwischen dem Zeitpunkt der Aussaat und der Ernte beim Sommergetreide. Österr. landw. Wochenbl. 1876, Nr. 3; 1877, Nr. 2.

[3]) Thiel, H., Über den Einfluß der Zeit der Aussaat auf die Entwicklung des Getreides. Ref. in Biederm. Centralbl. f. Agrikulturchemie. 1873. S. 47.

[4]) Grundlagen des Ackerbaues 1883, S. 352.

gleichen Verhältnissen ausgesät, verhielt sich vollkommen verschieden. Die Aussaat im April brachte sehr gleichmäßig ausgebildete, vorzügliche, reife Samen tragende Pflanzen nach 88 Tagen. Die zu Ende Mai vollzogene Aussaat zeigte Pflanzen, die anfangs auch sehr kräftig sich entwickelten. Als aber gegen Mitte Juli, zur Zeit des Hervortreibens der Ähren aus den obersten Blattscheiden, eine dauernde Hitzeperiode eintrat, blieben die Halme im Längenwachstum zurück. Die Körner erreichten bis zu dem verfrühten Absterben der Pflanzen (nach 77 Tagen) nur eine unvollkommene Ausbildung und blieben flach, waren also notreif geworden. Die späteren Aussaaten zeigten eine steigende Verlängerung der Vegetationsperiode (die Septemberaussaat brauchte z. B. 240 Tage) und ergaben sämtlich unvollständig ausgereifte Körner.

Die späteren Saaten wurden in höherem Grade von Mutterkorn, Meltau, Rost, namentlich auch von Blattläusen befallen. Sie nahmen übrigens sowohl bis zum Schossen als auch bis zur Blüte- und Reifezeit eine höhere Wärmesumme in Anspruch als die früheren Aussaaten. Selbst das Keimungsvermögen der geernteten Körner war ein verschiedenes, und zwar ein ungünstigeres bei denjenigen, die von Pflanzen später Saat abstammten. Erstens war der Prozentsatz an keimenden Körnern ein geringerer; zweitens brauchten die Körner von den spät gesäten und spät geernteten Pflanzen auch längere Zeit bis zur Keimung.

Aus den von Haberlandt früh angestellten Versuchen in dieser Richtung, bei denen sich ebenfalls eine geringere Entwicklung der Körner sowohl dem Volumen als auch dem absoluten und spezifischen Gewicht nach beobachten ließ, geht auch hervor, daß die Ursache der Differenz zwischen späten und frühen Saaten nicht die Bodenfeuchtigkeit allein ist. In diesen Versuchen hatten die Pflanzen von Anfang an genügende Wasserzufuhr und zeigten doch das abweichende Verhalten.

Die Versuche von Thiel beschäftigen sich mit der verschieden späten Aussaat im Herbste. Die Erntezeit war für alle Pflanzen selbst von weit auseinander liegender Saatzeit nahezu dieselbe; aber der Ertrag war bei spät gesäten sehr gering, soweit sie überhaupt am Leben geblieben waren. Wohl mit Recht macht Thiel darauf aufmerksam, daß die spät gesäten Pflanzen bei der entsprechenden Frühjahrswitterung gleichzeitig mit den früh gesäten schoßten, ohne daß sie Zeit gehabt hatten, wie die aus früher Saat stammenden Pflanzen, genügendes Material für reichliche Entwicklung zu sammeln. Natürlich spielt hierbei die Beschaffenheit des Saatgutes auch eine wesentliche Rolle. Je älter das Saatgut ist, desto langsamer lassen sich die Reservestoffe mobilisieren. Bei der Reife und Nachreife gehen die Zucker- und Amydstickstoffmengen zurück, und diese müssen bei der Keimung erst wieder in den Vordergrund treten.

Fehlschläge bei der Treiberei.

In der Treiberei wird allgemein die Erfahrung gemacht, daß jede Pflanze über ein bestimmtes Stadium der Ruhe hinweg sein muß, wenn sie mittels künstlicher Wärme schnell zum Treiben gebracht werden soll. Je näher sie dem Zustande der „Hauptruhe" noch ist, desto mehr ergibt die erhöhte Temperatur krankhafte Zustände; es treibt nur ein Teil der Knospen aus, die Knospen der Blüten schlagen zum Teil fehl, die Achsen zeigen Verkrümmungen, Aufbeulungen usw. Je höher die Treibtemperatur ist, desto stärker diese Erscheinungen.

Den Gärtnern sind bei den einzelnen Arten die Zeiten wohl bekannt, wann sich diese zum Treiben bringen lassen. Daß sich aber in dieser Beziehung nicht nur in den verschiedenen Jahren, sondern auch bei den einzelnen Individuen Abweichungen zeigen, beweist, daß der Eintritt des Zeitpunktes der Treibfähigkeit von dem Zustande des Ausreifens der betreffenden Organe im vorhergehenden Jahre abhängig ist.

Bei Blumenzwiebeln zeigt sich oft, daß bei Anwendung der üblichen Wärmegrade die Blüten sich nur ungenügend aus der Zwiebel hervorschieben und letztere zu faulen beginnt. Dieselben Zwiebeln später als gewöhnlich zur Treiberei aufgesetzt und bei geringerer Wärme kultiviert, geben aber vollkommene Blüten.

Ein anderer Fall, bei welchem ebenfalls die gewohnte Treibmethode dadurch versagt, daß die sonst üblichen und bewährt befundenen Temperaturen sich als zu hoch erweisen, besteht in dem „Umfallen der Tulpen". Bei bestimmten frühen Sorten (bes. rosablühenden) wurde beobachtet, daß die Blütenschäfte vor der Entfaltung der Blüte umknickten. Unterhalb des Knotens, aus dem bei diesen Sorten (mehrere Zentimeter über dem Zwiebelhalse) die Blätter entspringen, zeigt sich eine glasige, 1—2 cm lange Stelle, die durch ihr allmähliches Erweichen das Umknicken veranlaßt.

Die Untersuchung ergab reichliche Stärkefüllung des gesamten Zwiebelkörpers bei ungewöhnlicher Menge von Peroxydasen. Bei der Treiberei erwies sich aber, daß bei der hohen Wärmesteigerung die Stärke nur ungenügend gelöst, also zu wenig Baumaterial den aufgeschossenen oberirdischen Teilen zugeführt wurde. Das inhaltsarme Markgewebe des Schaftes war bei der schnellen Streckung an den glasigen Stellen zerrissen, und somit hatte der Schaft seine Steifung verloren. — Zwiebeln derselben Sendung, welche einige Wochen später, also der natürlichen Entwicklungszeit näher, unter denselben Wärmegraden zum Treiben aufgestellt wurden, entfalteten sich normal. Man sieht also, wie je nach der Witterung des Vorjahres und der Beschaffenheit der Zwiebeln dieselbe Treibhaustemperatur einmal günstig, ein anderes Mal ungünstig wirken kann, und es empfiehlt sich, zu Anfang der Treibperiode zunächst kleinere Proben warm zu stellen.

Bei Maiblumen äußert sich derselbe Zustand ungewöhnlich reicher Stärkeschoppung bei unzulänglichem Vorrat an stärkelösenden Enzymen in mangelhafter Entfaltung der Blütentrauben. Es entwickeln sich zunächst nur einzelne der untersten Blumen der Blütentraube, und erst wenn diese verblüht sind, entfalten sich die oberen Glocken. Dadurch werden die getriebenen Maiblumen als Marktpflanzen unverkäuflich. Über die Beschleunigung der Triebfähigkeit durch Ätherisieren, Heißwasserbehandlung usw. vergleiche unten.

Das Verbrennen der Blätter im Freien.

Man bezeichnet damit den Tod der Gewebe infolge der Einwirkung der Sonne. Dabei wirken aber Licht und Wärme zusammen. Wieviel bei den Todeserscheinungen einem jeden Faktor zugeschrieben werden muß, wissen wir nicht. Die Meinung bedeutender Forscher, daß das gesamte Licht in der Pflanzenzelle in die Kraftform der Wärme übergehe und in dieser Form wirksam sei, ist nicht wahrscheinlich; vielmehr deuten Verdunstungsversuche bei Lichtverminderung unter gleichzeitiger Temperatur-

erhöhung an, daß das Licht als solches mindestens zu einem Teile wirksam sein und den Assimilationsprozeß beeinflussen wird; es ist also wahrscheinlich, daß eine Pflanze sich gegen dieselbe Wärmemenge verschieden verhalten wird, je nachdem sie dieselbe im dunkeln oder erleuchteten Raume empfängt.

Im allgemeinen sind Temperaturen zwischen 40 und 50° C tödlich; doch ist bei Fettpflanzen von Askenasy[1]) beobachtet worden, daß dieselben solche Wärmemengen schadlos ertragen. Askenasy überzeugt sich im Hochsommer, daß *Sempervivum* bei einer Lufttemperatur von 31° C im Schatten eine Erwärmung im Innern bis 48 und 51° C erlitten hatte. Die Wärme im Innern der Pflanzen war bei einigen Arten etwas höher, bei anderen etwas niedriger als an ihrer Oberfläche. Die Temperatur an der Oberfläche des Blattes stand in keinem direkten Verhältnis zur Lufttemperatur an verschiedenen Tagen. Es zeigte z. B. *Sempervivum arenarium*

bei 31,0° C	am 15.	Juli	um 3	Uhr nachmittags	48,7° C,
„ 28,2° C	„ 16.	„	„ 3	„ „	46,0° C,
„ 28,1° C	„ 18.	„	„ 12,30	Uhr mittags	49,0° C.

Dicht daneben stehende, dünnblättrige Pflanzen besaßen eine viel niedrigere Temperatur.

Am häufigsten zeigen sich die Erscheinungen des Verbrennens bei Glashauspflanzen, die im Frühjahr ins freie Land gebracht werden. Nicht immer wird das Blatt getötet, sondern manchmal nur gerötet oder gebräunt. Bei gewölbten Blättern ist oft nur die Wölbung an der Oberseite verfärbt, und anstatt grün ist sie kupferig gerötet (Rosen). Im Laufe einiger Wochen kann sich eine solche Pflanze selbst unter Verbleiben an ihrem Standort wieder ausheilen.

Experimentell prüfte Sorauer einen derartigen Fall bei Topfexemplaren von *Canna Indica*, von denen die größte Anzahl bei trübem Wetter aus dem Glashause, in welchem sie bis zur Entfaltung der ersten Blüten angetrieben worden war, ins Freie gebracht wurde. Einige Töpfe blieben zwei Tage länger im Glashause und wurden dann in der Mittagsstunde neben die früher freigestellten Exemplare eingesenkt. Die oberen Blätter erschienen nun schon am Nachmittag weißstreifig, da die von den wasserleitenden Nerven am weitesten entfernten Partien eines jeden Interkostalfeldes abgestorbenes Gewebe zeigten. Am breitesten waren die weißen Streifen am Blattrande und keilten sich nach der Mittelrippe hin allmählich aus, so daß man deutlich wahrnehmen konnte, wie das Verbrennen des Blattes in denjenigen Regionen am frühesten und stärksten auftrat, die von dem Wasserleitungssystem der starken Gefäßbündel am weitesten entfernt lagen.

An den weißen Stellen erschien die Epidermis nicht wesentlich alteriert, wohl aber das Palisadenparenchym, daß keine Chloroplasten mehr besaß, während eine Übergangszone nach dem mit großen wandständigen Chlorophyllkörpern versehenen gesunden Gewebe hin zwar noch grüngefärbten, aber wolkigen Inhalt zeigte. In dem weißgewordenen Gewebe, dessen Zellwandungen hell verblieben waren, zog Glyzerin nur noch geringe Inhaltsmassen zusammen. An den stärkst beschädigten Stellen war die Epidermis vom Blattfleisch hier und da blasenartig abgehoben (Brandblasen), und

---

[1]) Askenasy, Über die Temperatur, welche Pflanzen im Sonnenlichte annehmen. Bot. Zeit. 1875, S. 441.

die Zerstörung des Chlorophyllkörpers war bis zur Blattunterseite vorgedrungen. Nach einigen Wochen konnte man bei den verbrannten Blättern in den oben erwähnten Übergangszonen übrigens eine Regeneration der Chloroplasten beobachten (vgl. schwächere Frostbeschädigungen). Unterhalb der Brandblasen, bei denen die Epidermiszellen teilweise zusammengesunken erschienen, war nunmehr Pilzmyzel nachzuweisen.

Ein Kollabieren der Epidermiszellen beobachtete Rowlee[1]) auch nach achtstündiger Einwirkung von elektrischem Bogenlicht, das in einem Meter Entfernung auf Blätter von Heliotrop wirkte. Andere Pflanzen (z. B. *Ficus elastica*) blieben unter gleichen Umständen unverändert.

Bei fleischigen, langlebigen Blättern, besonders von Pflanzen schattiger Standorte, grenzt sich das gesunde Gewebe von dem verbrannten durch eine Korkzone ab, wie die beistehende Abbildung eines durch Sonnenbrand beschädigten Cliviablattes (Korkflecke; vgl. S. 448) zeigt. Man konnte beobachten, wie die Lage des Blattes den Ausschlag für den Ort der Entstehung der Brandflecke gab, indem nur die senkrecht zur Wärmequelle

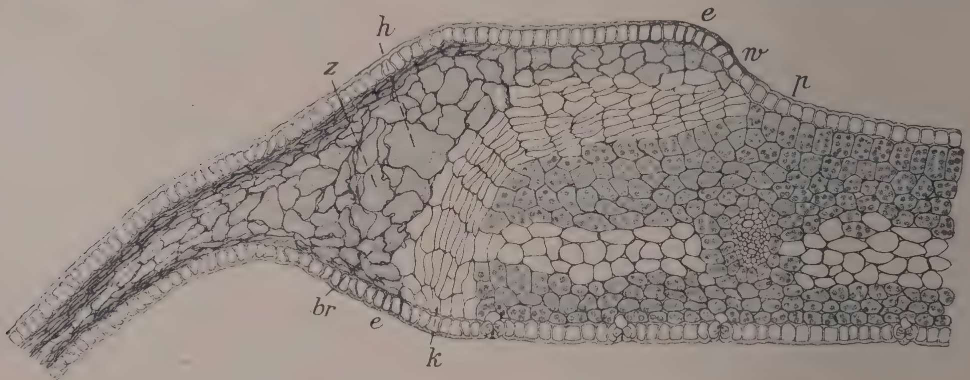


Abb. 187. Durch Sonnenbrand abgetötete Stelle eines Blattes von *Clivia nobilis*. (Orig. Sorauer.)

orientierten Stellen sich gelbgrau verfärbten und zusammensanken. Am folgenden Tage war der Brandfleck vollständig braun und brüchig. Die jüngsten Blätter hatten nicht gelitten. Die Grenze zwischen totem und lebendem Gewebe ist, sobald der Brandfleck durch die ganze Blattdicke hindurchgeht, scharf; wenn aber nur die Blattoberseite beschädigt ist, zeigt sich eine verwaschene Übergangszone. In derselben bemerkt man, daß die Chloroplasten spangrün werden, während der übrige Zellinhalt gelbgrün erscheint. Es wird die anfangs gleichmäßig stark lichtbrechende Masse des Chlorophyllkorns in ihren Konturen weniger scharf, und eine große Menge feinster Körnchen geben demselben eine sandige Beschaffenheit. Schließlich bilden die Chloroplasten schmutzig-teegrüne bis schwarzgrüne Gruppen, die dadurch eine strangartige Gestalt annehmen, daß die Zelle zusammensinkt. Diese Inhaltsmassen, welche einer Wand anliegen, bleichen ungemein schnell durch die Sonne aus und veranlassen nunmehr die gelbgraue Färbung der Brandflecke.

---

[1]) Rowlee, W., Effect of electric light upon the tissues of leaves. Proc. Soc. Pom. Agr. Sc. 1898, S. 50—58 mit 2 Taf.; vgl. Justs bot. Jahresber. 1900, 2, S. 287.

Das gesunde Gewebe beginnt alsbald, sich durch eine Korkzone (*k*) von dem beschädigten abzuschließen, wobei auch die inhaltsreich verbleibenden Zellen der Übergangszone (*gr*), die sich zunächst noch etwas unter Wellung ihrer Membranen vergrößern (*h*, *z*) und größere Interzellularräume aufweisen, allmählich sterben.

Wenn der Brandfleck etwas älter wird, verfärbt er sich tiefer braun, wobei auch die nicht zusammensinkenden Epidermiszellen (*e*) bis an das gesunde Gewebe heran beteiligt sind. Die Korkzone (*k*) entsteht durch Fächerung der an der Grenze des Brandfleckes lebendig bleibenden, sich streckenden Mesophyllzellen, deren rückwärts anstoßende normale Zellen (*p*) etwas ärmer an Chlorophyll zu bleiben pflegen. Bemerkenswert ist das schwielige Hervortreten der Randzone (*w*) des normalen Blatteils an der Grenze der Brandstelle; dieses Verhalten erklärt sich durch die Streckung der die Korkzone liefernden Zellen und des davorliegenden, beschädigten, aber nicht sofort getöteten (*h*) Mesophylls.

Brennflecke.

Für die Entstehung von Brandflecken auf den Blättern der Pflanzen in den Glashäusern sind zweifellos in erster Linie die Blasen im Glase der Gewächshausscheiben verantwortlich, seltener sind Wassertropfen, die beim Spritzen der Pflanzen an den Blättern oder an den Scheiben haften bleiben, als Brennlinsen wirksam. Nicht selten beobachtet man, besonders in neuen Häusern, das durch solche Blasen auf dem Blatte hervorgebrachte Lichtbild der Sonnenstrahlen und das Fortschreiten desselben infolge der veränderten Sonnenstellung[1]). Daraus erklärt sich auch die nicht selten wahrnehmbare Erscheinung, daß solche Brennflecke in reihenförmiger Anordnung auftreten bzw. einen Brennstreifen bilden.

Daß das Spritzen aber auch gefährlich wirken kann, geht aus einem Versuch hervor, bei welchem ein Wassertropfen an der Unterseite eines in einiger Entfernung von der Blattfläche aufgekitteten Deckglases hing. Hierbei ließen sich auch Spuren von Brennflecken erzeugen, während direkt aufliegende Wassertropfen keine Beschädigung hervorbrachten.

Das Vorkommen von Brennflecken auf Blättern ist auch für das freie Land vielfach behauptet worden, sicher scheint es in Gegenden mit hohem Sonnenstande vorzukommen, so berichtet David[2]), daß in Ägypten die Tautropfen auf den Blättern der Baumwolle wie Brennlinsen wirken und rote Flecke erzeugen.

Hitzelaubfall.

Bei Versuchen mit Brennlinsen erkennt man, daß auch in feuchtem Boden die stärker durch Brandflecke beschädigten Blätter der Laub- wie der Nadelhölzer abgeworfen werden. Wiesner[3]) fand, daß bei dem „Hitzelaubfall" von den Baumkronen weniger die peripherischen Blätter als vielmehr die im Innern der Krone befindlichen abzufallen pflegen, und meint, daß die ersteren infolge der größeren Wärmeausstrahlung sich nicht so sehr erhitzen wie die in geschlossener Lage befindlichen Blätter. Sorauer möchte den Grund in der verschiedenen Kräftigkeit der Organe suchen.

---

[1]) Jönsson, Bengt, Om Brännfläkar pa växtblad. Botaniska Notiser 1891. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. II, 1892, S. 358.

[2]) David, Nebel und Erdausdünstungen und ihr Einfluß auf ägyptische Baumwolle. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VII (1897), S. 143.

[3]) Wiesner, Jul., Über den Hitzelaubfall. Ber. d. D. Bot. Ges. XXII (1904), S. 501.

Die der größten Lichtzufuhr ausgesetzten Organe produzieren mehr Substanz, und ihre Zellen sind reicher an plastischem Material; sie haben daher bei abnorm gesteigerter Verdunstungs- und Atmungstätigkeit mehr Reservestoffe und sind daher langlebiger gegenüber den im Innern einer Baumkrone befindlichen gleichaltrigen Blättern.

Bei Beschädigungen von Gehölzen, namentlich im Freien bei großer Sommerhitze, ist oft die Wirkung der Hitze von der der Trockenheit schwer zu unterscheiden, so auch bei der von Sorauer untersuchten. Die Pflanzen waren zum Teil im oberen Teil fast völlig entnadelt; nur die ganz jungen Triebe, deren Spitzen gekrümmt und fuchsrot erschienen, trugen noch Nadeln, die wie rote Quasten abwärts hingen. Die allerjüngsten Nadeln erschienen fahl und papierartig flach zusammengetrocknet; ihr äußerst spärlicher Zellinhalt bildete einen farblosen, mit Jod sich gelb färbenden Ballen frei im Zellinnern. In den älteren Nadeln, deren Zellwandungen gänzlich farblos geblieben waren, erschien der reichliche Zellinhalt in Form blaß graurötlicher oder gelbbrauner, gleichartiger Massen, den Wandungen anliegend. Die Bilder ähnelten den bei Einfluß saurer Gase entstehenden. Auch bei Fichten sind die durch intensive Sommerdürre sich einstellenden Nadelverfärbungen den durch schweflige Säure erzeugten ungemein ähnlich.

Verhältnismäßig selten sind Knospenbeschädigungen durch Sonnenbrand. Es wird dies teils auf den Schutz der vielfach durch schlechte Wärmeleiter, Haarfilz, Gummi, Harz, Korklagen oder dergleichen besonders zweckmäßig sich erweisenden Knospendecken, teils auf den plasmareichen, also schwerer zu alterierenden Inhalt der jugendlichen Gewebe zurückzuführen sein. In den Tropen sind manchmal noch besondere Schirmvorrichtungen wahrzunehmen. Nach Potter[1]) werden z. B. bei *Artocarpus*, *Heptapleurum*, *Canarium Ceylanicum* u. a. die Nebenblätter der älteren Blattorgane als Schutz der jugendlichen Blätter bis zu deren Erstarkung verwendet, oder das ganze ältere Blatt bildet zunächst ein Schutzdach für das jüngere (*Uvaria purpurea*, *Gossypium* usw.).

In England ist ein Abwerfen der Pfirsichknospen bei der Treiberei beobachtet worden. Dort, wo ein genäßtes Tuch gegen die Sonnenwirkung über die Stöcke gespannt worden war, wurde kein Knospenabwurf wahrgenommen[2]).

Sonnenbrand an Blüten und Früchten.

Zu Beschädigungen an Blüten bedarf es häufig gar nicht absolut hoher Wärmegrade, sondern es können bei ungünstigem Standort die gewöhnlichen Temperaturen schon schattenliebenden Pflanzen schädlich werden. Sonnenbrandschäden an Äpfeln, besonders am weißen Winterkalvill, beschreibt Laubert[3]). Äpfel, die in wasserdichtes Papier eingebunden waren, um eine möglichst vollkommene Ausbildung zu erzielen, hatten an der schräg nach oben, dem Lichte zugewandten Seite einen

---

[1]) Potter, M. C., Observations on the Protection of Buds in the Tropics. Journ. Linn. Soc. XXVIII (1891), S. 343.

[2]) Gardeners Chronicle XIII (1893), S. 693.

[3]) Laubert, R., Sonnenbrand. Schäden an Äpfeln. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXII (1912), S. 454, 457, Taf. VII. — Ders., Ungewöhnliche Flecke an Äpfeln und Birnen. Deutsche Obstbauztg. LXV (1919), S. 255f. m. Abb. und Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXX (1920), S. 101.

runzligen, intensiv braunen Fleck. Die Erscheinung tritt nach großer Hitze auf. Auch an Kirschen[1]) und Orangen[2]) sind Sonnenbrandschäden beobachtet. Über ein häufiges Verbrühen von Orangen und Zitronen in Unteritalien, bei dem die Früchte nach 2—3 Tagen abfielen, berichtet Savastano[3]).

Bei den Früchten macht sich ungewöhnlicher Wärmeüberschuß in zwei Richtungen geltend. Einerseits erzeugt er Notreife, d. h. das Eintreten der Reifevorgänge zu einer Zeit, in welcher die Frucht eigentlich noch Reservestoffe speichern sollte (vgl. S. 280). Die Folge ist die, daß die nur ungenügend mit Reservematerial ausgestatteten Zellen des Fruchtfleisches sich vorzeitig ausleben, was Stippfleckigkeit (vgl. S. 413) und vorschnelle Lagerfäule zur Folge hat. Bei Getreide bewirkt ein vorzeitiges Abreifen der Halme eine empfindliche Schädigung des Kornes durch ungenügende Stärkebildung[4]).

Die andere Beschädigungsform besteht in einem direkten Abtöten der Gewebe durch Sonnenbrand an den exponiertesten Stellen saftiger Früchte. Solche Brandflecke ähneln häufig den Hagelschlagstellen, weil das abgetötete Gewebe während des Schwellungsvorganges der Frucht sich nicht entsprechend dehnen kann und entzweireißt. Bei der zunehmenden Tomatenkultur finden wir jetzt reichlich Beispiele, die nur dadurch verdeckt werden, daß sich an den Brandstellen der Früchte Myzelpilze anzusiedeln pflegen. Die Fälle werden dann als parasitäre Erkrankungen beschrieben. Besonders auffällig sind die Wirkungen des Sonnenbrandes an Stachelbeeren. Voll der Mittagssonne ausgesetzte Früchte oder auch Teile derselben zeigen vor der Reife glasige Stellen oder eine glasige Seite. Durch den Sonnenbrand ist das Protoplasma in den Oberflächenschichten oder bis tief hinein, nicht selten auch durch die ganze Frucht hindurch abgetötet; die Frucht sieht deshalb wie erfroren oder verbrüht aus und schmeckt fade. Ist nur ein Teil der Frucht, etwa durch ein Blatt bedeckt, beschädigt, so bräunt sich die betreffende Stelle und wird faulig. Verbrannte Äpfel an einer Talutmauer in Papierbeuteln beobachtete Janson[5]). Wo die Beutel dicht auflagen, zeigten sich die Brennflecke.

Beschädigung der Trauben durch Sonnenbrand.

Eine Beschädigung der Trauben, wie sie besonders in südlichen Weingegenden (Südtirol usw.) nicht selten auftritt, wird nach den Beobachtungen von Müller-Thurgau[6]) dann wahrgenommen, wenn nach längerer, feuchtkalter Witterung plötzlich heiße, klare Sonnentage eintreten; es zeigt sich dann an freihängenden Trauben fast regelmäßig, daß die den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzten Beeren ihre grüne Farbe verlieren, bleich werden, dann sich bräunen und schließlich zu schrumpfen beginnen. Auch der Traubenstiel kann an solchen Stellen, an denen er direkt von der Sonne getroffen wird, leiden, und es schrumpfen dann die dazugehörigen

---

[1]) Lüstner, Deutsche Obstbauztg, LVII (1911), S. 431.

[2]) Lavaelano, L., Note di patologia arborea. Nr. XXII—XXXI, Napoli 1908.

[3]) Savastano, L., Verbrühen der Agrumen. Boll. R. Staz. sperim. agric. e frutticolt. Acireale XL (1921), S. 4f.; vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 220.

[4]) Déhérain et Dupont, Über den Ursprung der Stärke des Weizenkorns; vgl. Biedermanns Zentralbl. 1902, S. 324.

[5]) Janson, A., Bratäpfel. Gartenwelt XV (1921), S. 452; vgl. auch Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXII (1912), S. 454—457 mit Abb., XXXIII (1923), S. 26f.

[6]) Der Weinbau 1888, Nr. 35.

Beeren ebenfalls ein, verlieren jedoch in diesem Falle nicht ihre grüne Farbe. Bei blauen Sorten werden die von der Sonne getroffenen, noch grünen Beeren dunkler als die der weißen Sorten und nehmen eine fast schwarze Färbung an. In einzelnen Jahren findet man ganze Trauben wie Rosinen verschrumpft, und dadurch wird stellenweise bedeutender Schaden hervorgebracht[1]). Daß es hier wirklich Wärmeüberschuß ist, der die Beeren tötet, geht daraus hervor, daß Trauben, die in einem Blechkasten auf 50° C erwärmt wurden, genau dasselbe Aussehen annahmen wie die vom Sonnenbrande im Freien betroffenen Exemplare. Auf das Verbrennen übt der Reifezustand sowie überhaupt der Wassergehalt der Organe und auch der Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft einen maßgebenden Einfluß aus. Unreife Beeren von Riesling und Sylvaner wurden durch eine zwei Stunden während Erwärmung auf 42° C nicht beschädigt, wohl aber bei 44° C nach gleichlanger Einwirkung.

Daß die besonnten Beeren wärmer sind als die umgebende Luft, zeigten direkte Messungen. Während ein Luftthermometer im Schatten 24° C, ein anderes in der Sonne 36° C zeigte, stieg in der besonnten Weinbeere die Temperatur auf 40° C.

Es zeigte sich ferner, daß Rieslingsbeeren aus guter, warmer Lage, welche nachgewiesenermaßen an Wasser ärmer waren als solche aus geringen Weinbergen, weniger vom Sonnenbrande litten als letztere. Neben dem geringen Wassergehalt ist die fortgeschrittene Reife der Beere ein Umstand, der schützend gegen den Sonnenbrand wirkt. Der frühe Malinger und Frühburgunder, welche Mitte August schon reif sind, zeigten beispielsweise durch die heiße Augustsonne keinerlei Beschädigung, während über 50 verschiedene, dicht daneben stehende Rebsorten, die später reiften, also im August noch hart und grün waren, mehr oder weniger gelitten hatten. Eine Temperaturmessung in grünen, unreifen, harten Beeren von Riesling, Sylvaner, Elbling und Spätburgunder ergab schon eine Schädigung bei 43° C, während die ziemlich reifen Beeren von frühem Malinger und Frühburgunder längere Zeit ohne Schaden auf 55° C erwärmt werden konnten und das Fruchtfleisch der Malinger Trauben erst bei etwas über 62° C getötet wurde.

Die Erfahrung der Praktiker, daß Sonnenbrand sich dann am meisten zeigt, wenn naßkalte Witterung den heißen Tagen vorhergeht, erklärt sich einerseits durch den größeren Wassergehalt der Beeren und andererseits durch die geringere Verdunstung und demgemäß auch geringere Abkühlung in feuchter Luft. Betreffs des Einflusses der Trockenheit wurde ein Versuch von Müller mit zwei Rieslingstrauben angestellt, von denen die eine in einem mit feuchtem Fließpapier austapezierten Glase, die andere in einem mit Chlorkalzium versehenen Glase in den heizbaren Blechkasten gebracht wurde; bei 41,5° C war die in feuchter Luft befindliche Traube vollständig getötet, während die in der mit Chlorkalzium getrockneten Luft befindliche Traube kaum beschädigt war. Zwei Thermometer, von denen der eine frei hing, der andere mit seiner Kugel in eine Weinbeere gesteckt worden war, kamen in einen heizbaren Blechkasten, der auf 40° C erwärmt wurde. Das mit der Beere umkleidete Thermometer stand sowohl bei dem langsamen Steigen der Temperatur als auch bei dem Sinken derselben stets etwa 4°

[1]) Jahresber. d. Sonderaussch. f. Pflanzenschutz 1892. Arb. d. D. Landw.-G. — Muth, Vertrocknen der Weintrauben bei Belgrad. Ber. Versuchsstat. Belgrad. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 49; vgl. auch S. 373.

tiefer als der andere, was wohl nur durch die Verdunstung der Beere bedingt sein konnte.

Unter Samenbruch (Hernie) der Weinbeeren versteht man das bisweilen häufige Auftreten von Weinbeeren, deren Samenkerne frei über der Oberfläche der Beere hervortreten, während die übrigen Beeren derselben Traube vollkommen normal sind und gut ausreifen. Hoffmann[1]) fand den vorgedrungenen Teil des Samenkorns glatt, prall, grün, ins Rote verfärbt, aber die Beere selbst noch vollkommen grün. Im Laufe der ferneren Entwicklung zeigten sich solche Samen in der Regel mit verkümmertem Embryo, wobei die Schale oft sehr groß wurde; die Beere aber blieb kleiner als die unverletzten Beeren, reifte jedoch sonst gut aus. Bisweilen war die Beere nicht viel größer als ihr herausgetretener Samenkern, und daraus läßt sich schließen, daß die Ursache in einem sehr frühen Stadium der Beerenentwicklung eingewirkt haben muß. An den Stellen, wo der Same durch die Beerenschale hindurchgedrungen war, nahm der Wundrand eine matt holzbraune Farbe an. Die ersten Zustände dieser Erscheinung zeigten sich in einer Verwundung der Epidermis und des unmittelbar darunter liegenden Gewebes, das lokal abstirbt und nun dem sich bisweilen abnorm vergrößernden Samen weder durch Dehnung nachgeben noch dessen Druck genügenden Widerstand entgegenzusetzen vermag, also entzweireißt.

Die Versuche, kleine Epidermispartien durch Ritzen oder Abschneiden zu verletzen, brachten keine samenbrüchigen (herniösen) Beeren hervor; wohl aber zeigten sich hervorbrechende Samen an denjenigen Beeren, welche kurz, nachdem sie aus der Blüte hervorgegangen, durch die Sonne verbrannt wurden. Es wurden nämlich Beeren mit einem Wassertropfen befeuchtet und auf diesen Tropfen der Strahlenkegel einer Linse gerichtet. Die Samen waren dann in oder unmittelbar neben der versengten Stelle hervorgebrochen, so daß kein Zweifel bestehen kann, daß in der Natur durch Sonnenbrand der Samenbruch hervorgerufen werden kann.

Saatgut, das durch Selbsterhitzung gelitten hat.

Ohne auf die Streitfrage einzugehen, ob die Selbsterhitzung von unreif oder feucht auf Lager gebrachten Samen durch Oxydasewirkung oder durch Mikroorganismen, wie bei dem Heu[2]), oder durch beide Vorgänge zugleich erfolgt, betrachten wir hier nur den Gebrauchswert des erhitzten Saatgutes. Wir erwähnen als Beispiel eine Beobachtung von Bolley[3]), der sowohl bei dem im Schober (stack burned) als auch im Samenhaufen (bin burned) überhitzten Weizen fand, daß der Embryo gebräunt oder gänzlich abgestorben war. Entwickeln sich die Körner überhaupt, so pflegen die Blattspitzen abzusterben und die Wurzeln ohne Haarbekleidung zu sein. Die geschädigten Körner haben ihre helle Farbe verloren und erscheinen bleich oder schon gebräunt. Die Samenschale ist blaß und runzelig. Der Geschmack der Körner ist in der Regel süßlich; die Keimkraft, selbst bei den gut aussehenden, geschwächt.

Die Schädigung der Keimkraft findet um so schneller statt, je weniger

---

[1]) Samenbruch bei der Weinbeere. Bot. Zeit. 1872, Nr. 8.

[2]) Miehe, H., Über die Selbsterhitzung des Heues. Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 111 (1905), S. 76.

[3]) Bolley, H. L., Conditions affecting the value of wheat for seed. Gov. Agric. Exp. stat. North Dakota Bull. Nr. 9 (1893); vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IV. (1894) S. 22.

ausgereift die Samen eingebracht werden, oder je weniger Luftzug an den Aufbewahrungsorten herrscht, der den Wasserdampf entfernen könnte. Nach den Versuchen von Jodin[1]) erweist sich die Anwendung eines austrocknenden Mittels (gebrannter Kalk) als vorteilhaft.

Die Schwarzherzkrankheit der Kartoffel, eine Knollenerkrankung, die sich über Winter beim Transport in überhitzten Räumen zur Frostzeit oder bei ungünstiger Lagerung und ungenügender Durchlüftung des Lagers einstellt, führt Taylor[2]) auf die genannten Ursachen zurück und empfiehlt entsprechende Gegenmaßnahmen.

Sonnenrisse u. ä.

Bei Wald- und Obstbäumen reißt bisweilen die Rinde auf. Diese Erscheinung ist von de Jonghe als Sonnenrisse (sunstrokes) bezeichnet worden, während sie Caspary[3]) als Frostwirkungen ansieht. Flächenförmiges Absterben der Rinde wird als Sonnenbrand von den einfachen Rißwunden unterschieden. Abbildungen finden wir bei R. Hartig[4]) und Nördlinger[5]) („Über den Wintersonnenbrand[6]) als Folge des Reflexes der Sonnenstrahlen von der Bodenoberfläche").

R. Hartig bildet das untere Stammende eines Rotbuchenstämmchens mit Sonnenriß ab[7]). Da diese Erscheinungen bisher nur im Nachwinter beobachtet worden sind und strikte experimentelle Beweise noch fehlen, so halten wir an unserer früher geäußerten Meinung fest, daß Risse durch Spannungsdifferenzen entstehen, die bei plötzlichem starken Temperaturwechsel zustandekommen, ohne daß eine Erwärmung des Gewebes durch die Sonne bis zum Absterben desselben nötig wäre, wie dies bei den Sonnenbrandstellen der Fall ist. Wie sehr sich die Pflanzenteile über die Lufttemperatur erhitzen, zeigt eine Messung von Hartig[8]) an einer Fichte im August. Er fand bei einer Lufttemperatur von 37° C in der Kambialregion der Südwestseite 55°C, auf der Südseite nur 45°, auf der Ostseite 39°, auf der Nordseite 37° C. Die Messungen fanden nachmittags nach 4 Uhr statt.

An Keimlingen und krautigen Gewächsen sind namentlich in der Nähe des Bodens nicht selten Hitzeschäden beobachtet worden, bei ersteren trocknet die primäre Rinde und dann auch der Holzkörper dicht über der Bodenoberfläche ein und der Keimling fällt um. Nach Münch[9]) erwärmt sich namentlich trockener dunkler Boden sehr stark, er beobachtete z. B. im Juni bei $28^1/_2$° Lufttemperatur auf dem Boden 62°.

---

[1]) Jodin, V., Sur la résistance des graines aux temperatures élevées. Compt. rend. 1899, II, S. 893, vgl. Bot. Jahresber. 1900, 2, 420.

[2]) Taylor, Wm. A., Potato Black-Heart. U. S. Dep. Agric. Bur. of Plant Industry. Washington DC. 8 III (1918), S. 2—4. Ref. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI (1921), S. 123.

[3]) Bot. Zeit. 1857, Nr. 10: „Bewirkt die Sonne Risse in Rinde und Holz der Bäume?"

[4]) Lehrbuch der Baumkrankheiten, 1. Aufl., S. 188.

[5]) Lehrbuch des Forstschutzes, 1884, S. 332.

[6]) Baumphysiologische Bedeutung des kalten Winters 1879/80. Vgl. Illustrierte Gartenzeitung 1881.

[7]) Lehrbuch der Pflanzenkrankh., 3. Aufl., 1900, S. 230. Vgl. auch Neger, Die Krankheiten unserer Waldbäume (1919), S. 23, Abb. 6.

[8]) Ebenda, S. 228.

[9]) Münch, Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtsch. 1913, 1914, 1915. Vgl. weiter Diels, L., Über Wurzelkork bei Pflanzen stark erwärmter Böden. Flora N. F. XI (1918), S. 490—502.

Temperaturen von 50—55° sind bei klarem Sommerwetter fast täglich zu konstatieren. Den Gärtnern ist allgemein bekannt, daß die größte Mehrzahl der Gewächse bei einem längeren Aufenthalt in über 50° abstirbt, und auch Kiefernkeimlinge ertragen beispielsweise nicht über 54°.

Achtes Kapitel.

Lichtwirkungen.

Verspillern (Vergeilen) durch Lichtmangel.

Die Krankheit, welche durch mangelhafte Beleuchtung oder gänzliches Fehlen des Lichtes hervorgerufen wird, heißt das Verspillern (étiolement). Die einzelnen Stengelglieder der Mehrzahl der grünen Pflanzen werden ungemein lang und schwach. Die Blätter werden je nach der Pflanzenart, der sie angehören, entweder ebenso wie die Stengelinternodien sehr lang, schmal und schlaff (Mehrzahl der Monokotyledonen) oder aber bilden sich überhaupt nur sehr wenig aus und bleiben ihr ganzes Leben hindurch in einem ähnlichen Zustande, wie sie in der Knospe gewesen (die meisten Dikotyledonen).

Mit der Gestaltsänderung ist eine Verbleichung der grünen Pflanzenteile, also verhinderte Ausbildung oder Zerfall vorhandener Chloroplasten verbunden. Ausnahmen finden wir nur bei den Gymnospermen, von denen die Mehrzahl außerordentlich wenig empfindlich gegen Lichtentziehung ist. Allerdings erfolgt nach Burgerstein[1]) die Absorption des Endosperms langsamer, die epinastische Ausbreitung der Kotylen träger und unvollkommener als im Lichte, aber — mit Ausnahme von *Ginkgo biloba* und *Ephedra* — ergrünen die Keimlinge doch. *Cycas* und *Zamia* dagegen können auch bei günstiger Temperatur kein Chlorophyll in völliger Dunkelheit bilden. Unter den Koniferen sind die *Larix*-Arten die lichtbedürftigsten, da sie bei Lichtabschluß nur schwach ergrünen, während dies bei den Cupressineen vollständig eintritt. Über in der Dunkelheit ergrünende Ceimpflanzen berichtet H. Coupin[2]); nach ihm haben z. B. *Pinus*-Keimlinge 2 Chlorophyllsorten, die eine entwickelt sich (an den Keimlingen) im Dunkeln, die andere nur sehr langsam am Licht. Bringt man Dunkelkeimlinge ans Licht, so werden sie nach erst 20—30 Tagen dunkler; andere Pflanzen ergrünen nach vorherigem Etiolement schon nach wenigen Tagen.

Die verschiedenartige Ausbildung der Blätter von verspillerten Pflanzen wird erklärt durch den Umstand, daß das Blatt sich selbst großenteils ernähren muß, und daß das Zellulosematerial, welches es zur Neubildung und Ausbildung der Blattzellen braucht, sich nur durch die Einwirkung des Lichtes an Ort und Stelle bilden kann. Wenn die Ernährung unterbleibt, so werden sich die in der Knospe angelegten Blattzellen durch Wasseraufnahme strecken, und das Blatt wird sich dadurch etwas vergrößern können; aber jedes weitere Wachstum, das auf Zellvermehrung

---

[1]) Burgerstein, A., Über das Verhalten der Gymnospermen-Keimlinge im Lichte und im Dunkeln. Ber. D. B. G. XVIII (1900), S. 168—184. Vgl. Justs Bot. Jahresb. 1900, 2, S. 250.

[2]) Coupin, H., Sur les plantules qui verdissent à l'obscurité. Comptes rend. Acad. Paris 1920, S. 1071f., t. 170; vgl. Matouschek in Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 28.

beruht, wird unmöglich sein. Je mehr ein Blatt bei seiner späteren Vergrößerung am Licht auf die Zellvermehrung angewiesen ist, um so kleiner wird es bei Lichtabschluß bleiben. Es wird sich ferner um so weniger entwickeln, je weniger Zellen ursprünglich als Blattanlage an der Stengelspitze sich bilden; ein stengelumfassendes Blatt wird sich darum mehr entwickeln können als ein quirlständiges, weil bei der Anlage des ersteren der ganze Stengelumfang tätig ist, bei Anlage des zweiten sich die Zellen in gleicher Stammhöhe auf so viel Blätter verteilen müssen, als der Quirl solche zählt. Ein weiterer Punkt, der auf die Ausbildung des Blattes auch im Finstern von Einfluß sein muß, ist die Entfernung der Blattanlage von der Reservestoffquelle. Die zuerst entstehenden, einem Reservestoffbehälter zunächst liegenden schöpfen reichlicher aus dem Vorrat, werden daher größer als die später am verspillerten Stengel höher hinauf entstehenden Blätter. Es wird somit die Entwicklung des verspillerten Blattes von der individuellen Anlage und von dem in unmittelbarer Nähe befindlichen Nährmaterial abhängig sein.

Nach den Erörterungen über die Verspillerungserscheinungen des Blattes bleibt die ungewöhnliche Streckung der etiolierten Stengelglieder zu erklären. Wir folgen hierin den Angaben von Kraus[1]). In der Regel sind die verspillerten Stengel dünner als normale, was von einer geringeren Anzahl von Zellen herrührt, und diese mangelnde Tätigkeit im Kambium des Stengels wird ihre Erklärung in der Annahme finden, daß die vom Blatt erarbeiteten Nahrungsstoffe, die durch den Blattstiel in den Stengel eintreten, in radialer Richtung zunächst teilweise weiterwandern und das Kambium des Stengelinternodiums ernähren helfen. Fehlt diese Nahrungsquelle, d. h. ist das im Finstern schuppenförmig bleibende Blatt nicht imstande, Material für die Zellvermehrung zu schaffen, so bleibt das Stengelglied ohne wesentlich neue Zellbildung. Aber auch die Verdickung der Zellwandungen wird unterbleiben. Im normalen Stengel verdicken sich die Parenchymzellen der Rinde und die Prosenchymzellen des Holzes während ihrer Längsstreckung. Die Markzellen fangen aber erst an, sich zu verdicken, wenn ihre Streckung nahezu beendet ist, also am spätesten, da sie von dem aus dem Blatt in radialer Richtung nach dem Stamminnern wandernden Zellulosemizell erst dann erreicht werden, wenn dasselbe nicht mehr zur Verdickung der Holz- und Rindenzellen verbraucht wird. Im verspillerten Stengel ist aus Nahrungsmangel die Verdickung der Zellen nur angedeutet, so daß sie oft bei Zellen, welche zwischen den einzelnen Gefäßbündeln liegen und sich im normalen Zustande zu Holzzellen ausbilden, fast fehlt; daher findet man in etiolierten Pflanzen häufig nicht einmal einen geschlossenen Holzring. Was solchen Zellen an Verdickung abgeht, ersetzen sie durch größere Länge, welche die der normalen Zelle um das Zwei- bis Vielfache übersteigt. Diese Überverlängerung findet ihre Erklärung in den modifizierten Spannungsverhältnissen der Stengelglieder.

In den einleitenden Bemerkungen zur Abteilung 4 über Wunden wird ausführlicher gezeigt, daß im Stengel das Mark eigentlich der streckende Faktor ist, während das übrige Gewebe den zurückhaltenden darstellt.

Je länger also die Rindenelemente dehnbar bleiben, um so länger kann das Mark seinem Streben nach Verlängerung folgen und die übrigen Gewebe mit sich in die Höhe ziehen.

---

[1]) Kraus, Über die Ursachen der Formveränderungen etiolierender Pflanzen. Pringsheims Jahrb f. wiss. Bot., VII, S. 209ff.

Die verspillernden Pflanzen haben vielfach Ähnlichkeit mit jugendlichen Organen, und man kann den Zustand des Verspillerns bis zu einem gewissen Grade als permanente Kindheitsform bezeichnen.

Nach der Besprechung der gestaltlichen Veränderungen haben wir noch einiger stofflicher Vorgänge zu gedenken. Wir erwähnen zunächst die Untersuchungen von E. Schulze und N. Castoro[1]) bei *Lupinus albus*. In verspillerten Keimlingen nimmt der Gehalt an Proteinstoffen beständig ab, der Gehalt an Asparagin zu; Tyrosin und Leuzin nehmen ab. Allerdings bewahren auch die am Licht erwachsenen Keimpflanzen lange einen hohen Asparagingehalt, enthalten aber sehr wenig Aminosäuren. — Coupin[2]) ist neuerdings durch verschiedene Kulturen von Lupinen zu der Ansicht gelangt, daß die Wachstumsverlangsamung der Pflanzen im Licht hervorgerufen wird durch die Sekretion eines wachstumshemmenden Stoffes von seiten der Chloroplasten.

Die Versuche von Palladin[3]) lassen erkennen, daß der verminderte Transpirationsstrom bei etiolierten Pflanzen eine zu geringe Aufnahme von Mineralbestandteilen, namentlich Kalk, veranlaßt. Der Mangel an Kalksalzen läßt aber selbst bei eiweißreichen Blättern keine weitere Entwicklung zu.

Daß im Dunkeln erwachsene Pflanzen weniger widerstandsfähig gegen atmosphärische Einflüsse sind, hat Wiesner[4]) durch mehrfache Versuche gezeigt. Er fand beispielsweise, daß im Lichte erzogene Keimlinge der Einwirkung des Regens und überhaupt des Wassers gegenüber viel resistenter sind als die im Dunkeln entwickelten Keimlinge.

Wie diese stofflichen Verschiedenheiten zum Ausdruck beim Wachstum kommen, zeigen die Beobachtungen von Maige[5]) an *Parthenocissus* („*Ampelopsis*") und *Glechoma*. Diffuses Licht befördert die Bildung der Laubtriebe und kann sogar die Umbildung einer Inflorenszenzknospe in einen kletternden Zweig veranlassen. Direktes Sonnenlicht bewirkt das Gegenteil.

Besonders wichtig für die Pathologie und namentlich den von uns vertretenen Standpunkt, daß eine ganze Reihe von Krankheiten durch Verschiebung der enzymatischen Funktionen zustande kommt, sind die Untersuchungen von Green[6]). Derselbe bestätigt die Beobachtungen von Brown und Morris, daß nach einer Periode heller Beleuchtung der Vorrat an Diastase in den Laubblättern vermindert wird. Besonders sind es die ultravioletten und anstoßenden sichtbaren Strahlen, die eine solche Enzymverminderung hervorrufen. Eine derartige Enzymzerstörung durch das Licht ist mit der bekannten Bakterienabtötung durch Licht zu vergleichen.

---

[1]) E. Schulze und N. Castoro, Beiträge zur Kenntnis der Zusammensetzung und des Stoffwechsels der Keimpflanzen. Zeitschr. f. physiol. Chemie XXXVIII (1903), S. 199; vgl. Bot. Centralbl. XCVI (1904), Nr. 47, S. 540.

[2]) Coupin, Henry, Sur les causes de l'elongation de la tige des plantes étiolées. Compt. rend. hebd. Acad. sc. Paris CLXX (1920), S. 189ff.; vgl. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI (1921), S. 31.

[3]) Palladin, W., Eiweißgehalt der grünen und etiolierten Blätter. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. IX, S. 194. — Ergrünen und Wachstum der etiolierten Blätter. Ebendort, S. 229.

[4]) Wiesner, J., Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907, W. Engelmann, S. 260.

[5]) Maige, Influence de la lumière etc. Compt. rend. 1898, p. 420; vgl. Bot. Jahresber. 1898, 1, S. 587.

[6]) Green, J. Reynolds, On the action of light on diastase. Phil. Trans. of the R. soc. of London. Ser. B., CLXXXVIII (1897), S. 167—190 mit 2 Abb.; vgl. Bot. Jahresber. 1897, 1, S. 89.

Beschattung.

Im wirtschaftlichen Leben sind die Schäden, die durch direktes Verspillern hervorgerufen werden, viel seltener und daher bedeutungsloser als die minder hochgradigen Vorkommnisse, die durch ungenügende Lichtzufuhr, also zu starke Beschattung entstehen und in einer Verminderung der Produktion an nutzbarer Substanz sich geltend machen. Über den Lichtentzug, den verschiedene Bäume ausüben, haben Stebler und Volkart[1]) Messungen vorgenommen. Sie fanden bei bedecktem Himmel eine Lichtverminderung bei der Kiefer um 50 %, bei der Birke 56, bei der Kirsche 78, bei Eiche, Birne und Apfel 82, bei der Buche sogar um 95 %.

Da jede Pflanze ihr bestimmtes Lichtbedürfnis hat, so kommen auch Fälle vor, bei denen die Kultur Lichtüberschuß bietet, während der natürliche Standort den Pflanzen nur gedämpftes Licht zuteil werden läßt. Dieser Fall zeigt sich bei vielen unserer Hopfenfelder und bei manchen unserer Erdbeerkulturen[2]). Für Kolonialkulturen dürfte die Beschattungsfrage eine besondere Wichtigkeit haben. Auf Java sowohl wie in Ostafrika leiden nämlich häufig die Kaffeekulturen, und Zimmermann[3]) schiebt dies auf einen Mangel an Schattenbäumen, welche verhindern, daß die Kaffeebäume sich übertragen, was z.B. in Usambara schon großen Schaden angerichtet hat. Es ist wahrscheinlich, daß außer Windschutz und Herabminderung der Temperatur namentlich eine geringere Lichtstärke dem Gedeihen des Kaffees förderlich ist. — Aus nordischen Gebieten beschreibt M. Brenner[4]), daß bei Fichten mit krummschuppigen Zapfen, deren Samen allgemein das Keimungsvermögen verloren haben, die Bildung der Krummschuppen durch Beschattung mittels unten offener Papiersäckchen oder Schirme aufhört.

Die verminderte Ernte bei unseren lichtbedürftigen Kulturen unter dem Einfluß des Baumschattens beruht nicht nur auf der Beschränkung der direkten Lichtzufuhr, sondern infolge der geringeren Umsetzung des Sonnenlichts in Wärme auch auf geringerer Bodenerwärmung. Wie groß die Unterschiede sein können, zeigen Versuche von E. v. Oven[5]), der innerhalb von 10 Augusttagen morgens 9 Uhr im freibesonnten Boden im Durchschnitt + 22,26° C, daneben unter einem Kirschbaume + 19,06° beobachtete. Bereits 1884 hatte Wollny[6]) den Einfluß der Bodenbeschattung durch die Unkräuter bei einem Kartoffelfelde gemessen und in einer Bodentiefe von 10 cm die Temperatur durchschnittlich um 2,6° C geringer auf dem verunkrauteten Acker gefunden.

Den Einfluß des Schattens auf die Pflanze selbst schildert v. Oven nach eigenen und anderen Beobachtungen. Die Stengelglieder werden länger, die Blätter schmäler, das Ausreifen wird verlangsamt. Epidermis,

[1]) Stebler, F. G., und Volkart, A., Der Einfluß der Beschattung auf den Rasen. Landw. Jahrb. d. Schweiz. Bern 1904, 102 S. mit 9 Abb.; vgl. Bot. Centralbl. CI (1906), S. 60.

[2]) Taylor, O. M., und Clark, V. A., An experiment in shading strawberries. New York Agric. Exp. stat. Geneva Bull. 246, 1904.

[3]) Zimmermann, A., Einige Bemerkungen zu dem Aufsatze von Fr. Wohltmann usw. Berichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. I, Heft 5, 1903.

[4]) Brenner, M., Kontrollierende Beobachtungen über die Bildung der krummschuppigen Fichtenzapfen. Meddel. Soc. pr. Faun. Fl. Fenn. XLV (1920), S. 22—31. — Die relative Lebenskraft bei den verschiedenen Ausbildungsformen d. Krummschuppenzapfen d. Fichten. Ebendort, S. 221-226; vgl. Matouschek, Zsch. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 28f.

[5]) v. Oven, Über den Einfluß des Baumschattens auf den Ertrag der Kartoffelpflanze. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. 1904, S. 469.

[6]) Wollny, Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik VII, S. 349.

Gefäßbündelscheide, die Wandungen der Ringgefäße und des Markparenchyms sind weniger verdickt und die Verholzung geringer.

Die Ursache der verlängerten Vegetationszeit der Schattenpflanzen muß in der geringeren Intensität des Stoffwechsels gesucht werden, die sich durch die schwächere Atmung kundgibt. Da unter sonst gleichen Verhältnissen die Größe der Assimilationstätigkeit die Höhe der Transpiration bestimmt, so erklärt sich auch die wesentlich geringere Verdunstung und daher ein höherer Wassergehalt der Schattenpflanzen.

Von den zahlreichen Untersuchungen, welche eine Depression der Ernte durch die Beschattung feststellen, und die v. Oven außer seinen eigenen anführt, interessiert die von Weiske an einem Weizenfelde. Die Pflanzen, die einen großen Teil des Tages durch Obstbäume beschattet waren, zeigten einen um 30% verminderten Körnerertrag und eine um 32% geringere Strohmenge gegenüber den unbeschatteten Pflanzen desselben Feldes. Es erscheint indessen unsicher, wie weit hierbei die Wurzelkonkurrenz der Bäume mitwirkt.

Die Verschiebung des Größenverhältnisses der einzelnen Teile zueinander bestätigt auch neuerdings Wiessmann[1]). Seine Versuche ergaben für die Wirkung des Lichtes, daß

1. das Licht den prozentualen Anteil der Wurzeln am Aufbau der Pflanze vergrößert,
2. im Schatten hingegen die vegetativen Organe an der Ausbildung der Pflanzen größeren Anteil gewinnen als im Licht,
3. der Anteil der reproduktiven Organe, der Körner, und mit ihnen der Spreu im Licht gesteigert wird.

Bezüglich der Ausnutzung der Düngung ergibt sich eine Herabsetzung durch Lichtmangel. Wenn auch K, N und P bei den „Schattenpflanzen" einen größeren Prozentsatz ausmachte als bei den Lichtpflanzen, so war doch die Ausnutzung bei ersteren gehemmt. Sie betrug (die der Lichtpflanzen = 100 gesetzt) für K 74,47%, für N 62,58%.

Besonders bemerkenswert sind die Ergebnisse, die Pagnoul[2]) erzielte. Er fand bei Versuchen mit Zuckerrüben einen starken Rückgang des Zuckergehalts unter Anwachsen der Blattmenge pro Gramm Rübenkörper und bei Kartoffeln einen geringeren Knollenertrag mit bedeutendem Rückgang an Trockensubstanz. Außerdem aber wies er nach, daß der Nitratgehalt in den unter geschwärztem Glase kultivierten Rüben und Kartoffeln in Blättern und Wurzeln mehr wie zehnmal so groß als bei den in freier Besonnung erwachsenen Pflanzen war. Die physiologische Arbeit wurde also im Schatten geändert, indem die salpetersauren Salze nicht genügend verarbeitet wurden. Zu ähnlichen Resultaten kamen neuerdings Strohmer, Briem und Fallada[3]).

Einige der v. Ovenschen Versuche beschäftigten sich auch mit der Messung der Lichtstärke, die nach Durchgang der Sonnenstrahlen unter einer Baumkrone noch vorhanden war. Es stellte sich nach der Bunsen-Roscoeschen Methode heraus, daß das Verhältnis des vollen Tageslichtes

[1]) Wiessmann, H., Einfluß des Lichtes auf Wachstum und Nährstoffaufnahme beim Hafer. Landw. Jahrb. LIII, S. 183—190. — Ref. in Angew. Botanik I (1919).

[2]) Annales agronomiques VII, 1891 (vgl. v. Oven).

[3]) Strohmer, Fr., Briem und Fallada, O., Einfluß der Belichtung auf die Zusammensetzung der Zuckerrübe. Österr.-ungar. Zeitschr. f. Zuckerindustrie u. Landwirtsch. XL, Wien (1911), S. 1—18. — Strohmer, Fr., Einfluß der Belichtung auf das Wachstum der Samenrüben. Ebendort XLI (1912), 6. Heft.

zur Lichtmenge unter den Obstbäumen etwa wie 1 : 0,3 sich erwies. Der Schatten der Apfelbäume setzte die Lichtintensität durchschnittlich von 1 auf 0,234, der Schatten der Birnbäume von 1 auf 0,233, derjenige der Kirschbäume von 1 auf 0,345 herab.

Für südliche Länder, bei denen ein Licht- und Wärmeüberschuß zeitweise die Kulturen schädigt, wird die Methode, Bäume zwischen Feldkulturen zu setzen, vorteilhaft sein (vgl. auch Zimmermann oben S. 662). Bestätigt sehen wir diese Ansicht dadurch, daß Italien seine Felder mit Streifen von Maulbeer- und Ölbäumen sowie mit Weinstöcken durchzieht. Nach Linsbauer[1]) beruht die Kultur des Weinstocks in Italien (Pergola-



Abb. 188. Querschnitt durch ein in der Sonne erwachsenes Buchenblatt. (Nach Stahl.)

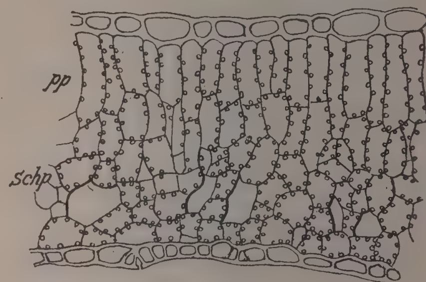


Abb. 189. Querschnitt durch ein Buchenblatt aus halbschattiger Lage. (Nach Stahl.)



Abb. 190. Querschnitt durch ein Buchenblatt von sehr schattigem Standort. (Nach Stahl.)

form) und in den österreichischen Ländern (niedrige Pfahlform) auf der Anpassung an die Lichtverhältnisse. In den südlichen Gegenden gestattet die längere Sonnenscheindauer die schattige Kulturmethode in Lauben, während die nördlicheren Länder bei kürzerer Zeit des Sonnenscheins denselben mehr ausnutzen müssen.

Über die Struktur der Schattenblätter[2]) liegen die bekannten Studien von Stahl vor, von denen wir nach Frank Schwarz Abbildungen von Buchenblättern wiedergeben. In Abb. 188 sehen wir ein in der Sonnenbeleuchtung gewachsenes, in Abb. 189 ein im Halbschatten, in Abb. 190 ein in sehr starkem Schatten erwachsenes Buchenblatt. Wir erkennen daraus, wie das Blatt an Masse mit der mangelnden Beleuchtung abnimmt. Die Palisadenzellen (*pp*) werden in weniger charakteristischer Weise aus-

[1]) Wiesner, Lichtgenuß der Pflanzen. 1907.

[2]) Vgl. auch Zon und Graves, Light in relation to tree growth. Bull. 92 Forrest serv. U. S. Dep. Agric. 1911. — Warming-Graebner, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 3. Aufl., S. 29 (dortdie weitere Literatur). — Vgl. auch Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie, S. 23, als Beispiel der „Hypoplasie" (dort auch Literatur).

gebildet, das Schwammparenchym (*schp*) wird wesentlich reduziert, und die Gefäßbündelstränge werden schwächer. Der geringeren Blattentwicklung entspricht eine schwächlichere Knospe.

Die Ausbildung des Gewebes, namentlich die Differenzierung in den parenchymatischen Gewebeformen[1]), hängt von der Belichtungsintensität im Frühjahr ab. Hesselmann[2]) fand, daß Pflanzen, die ihre Entwicklung bei einem stets herabgesetzten, jedoch nicht besonders niedrigen Lichtgenuß vollziehen, eine weit geringere Ausbildung des Assimilationsgewebes aufweisen als solche Exemplare, welche im Frühling viel Licht genießen, im Sommer aber stark beschattet sind. Bei gleicher Größe der Blattfläche transpirieren die Sonnenpflanzen mit ihrem ausgebildeten Palisadenparenchym bedeutend stärker als die Schattenpflanzen[3]). Nach Ricôme[4]) sollen die Palisadenzellen höher, aber enger, die Gefäßbündel in den Blattstielen zahlreicher sein. Derselbe Unterschied besteht zwischen Exemplaren im Freien und in Gewächshäusern[5]).

Betreffs der Arbeitsleistung von Licht- und Schattenblättern gewähren uns die Untersuchungen von Graf zu Leiningen[6]) einen genügenden Einblick. Er fand bei Buche auf dieselbe Blattfläche berechnet den Gehalt an Reinasche (mit Ausnahme der Kieselsäure) bei den Sonnenblättern bedeutend geringer als bei den Schattenblättern; ebenso verhielt sich der Stickstoffgehalt. Je kräftiger eine Pflanze im Lichte assimiliert, desto stärker ist ihr Bedürfnis nach mineralischer Nahrung, desto stärker die Saugung, und desto mehr organische Substanz produziert sie pro Gramm Aschenbestandteile. Es wird also jedesmal auf eine geringere Assimilationstätigkeit geschlossen werden müssen, wenn die Analyse einen in Beziehung zur Trockensubstanz hohen Aschengehalt nachweist. Im vorliegenden Falle ist die geringe Lichtmenge der die Produktion herabdrückende Faktor.

Die Schattenempfindlichkeit ist für jede Pflanzenart allerdings auch an bestimmte Grenzwerte gebunden, aber diese Werte sind, wie bei allen Wachstumsfaktoren, individuell bis zu einem gewissen Grade verschiebbar, so daß es innerhalb derselben Spezies schattenempfindlichere Rassen gibt, bei denen, wie Nordhausen[7]) meint, gewisse Reduktionserscheinungen erblich werden.

Eine bemerkenswerte Eigenschaft haben die meisten Waldbäume, nämlich, daß sie in der Jugend viel mehr Schatten ertragen können als im Alter (Buche, Fichte usw.). Viele Jahre können sie, sich im wesentlichen durch breit ausladende Äste vergrößernd und so als echte Schattenpflanzen

---

[1]) Mac Dougal, D. F., The influence of Light and Darkness etc. Mem. N. Y. Bot. G. II, S. I—XIII, 1—319. Abb. 1—176 (1903); vgl. Bot. Centralbl. XCII (1903), S. 296.

[2]) Hesselmann, H., Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Beih. Bot. Centralbl. XVII (1904), S. 311.

[3]) Bergen, J., Transpiration of sun leaves and shade leaves of Olea europaea and other Orval-leaves evergreens. Bot. Gaz. XXXVIII (1904), S. 285.

[4]) Ricôme, R., Action de la lumière sur des plantes étiolées. Rev. gen. de Bot. XIV (1902), p. 26.

[5]) Küsters Referat über „Bédélian, Influence de la culture en serre etc." in Hollrungs Jahresber. über Leistungen auf d. Geb. der Pflanzenkrankh. VII (1905), S. 7. (Weitere Notizen über Sonnen- u. Schattenblätter s. Küster, E., Path. Pflanzenanatomie 1903, S. 24 usw.)

[6]) Wilhelm Graf zu Leiningen, Licht- und Schattenblätter der Buche. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. III (1905), Heft 5.

[7]) Nordhausen, M., Über Sonnen- und Schattenblätter. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XXI (1903), S. 30.

jeden Lichtstrahl ausnutzend, oft unter sehr matter Belichtung leben, bis sie durch einen Windbruch der alten Bäume usw. von stärkerem Licht getroffen in die Höhe wachsen. Die Zweckmäßigkeit für den Kampf ums Dasein liegt auf der Hand[1]).

Jedes Blatt an einer Pflanze hat seine besondere Schattenempfindlichkeit je nach den Belichtungsverhältnissen, unter denen es entstanden ist, und je nach seiner Stellung an der Achse. Am meisten spricht dabei die Beschattung mit, welche darüberstehende Blätter ausüben. Assimilations- und Atmungsgröße sowie die Transpirationsgröße werden dadurch bestimmt. Bei den Versuchen von Griffon[2]) beispielsweise zeigte sich, daß ein so dickes Blatt wie das von *Prunus laurocerasus* noch nicht imstande war, bei direktem Sonnenlichte die Kohlensäurezersetzung eines Blattes von *Ligustrum ovalifolium* gänzlich zu verhindern. Hinter zwei solchen Blättern dagegen fand nur noch Entwicklung von Kohlensäure statt. Unter solchen Verhältnissen war also der Assimilationsprozeß bereits derart herabgedrückt, daß der Atmungsprozeß ihn übertraf.

Es kommt natürlich auch darauf an, wie die beschattenden Pflanzenteile gefärbt sind, also welche Lichtfarben (vgl. unten Lichtzersetzung) noch hindurchgehen können.

Nach Teodoresco[3]) entwickeln sich die Blattgewebe am schlechtesten im grünen Licht; im roten Licht zeigen sie bessere, im blauen aber die beste Ausbildung, also größte Streckung. Auch die Chlorophyllkörner sind im grünen Licht kleiner, weniger zahlreich und nicht so regelmäßig verteilt wie im roten und blauen Licht.

Entsprechend der Ausbildung der Chloroplasten erweist sich auch das Arbeitsprodukt derselben bei den stärkst brechbaren Strahlen besonders günstig. Palladin[4]) setzte etiolierte Kotyledonen von *Vicia* auf Zuckerlösungen dem weißen und farbigen Lichte aus und fand, daß sowohl die Assimilation des Zuckers als auch die Bildung aktiver Proteide durch die stärker brechbaren Lichtstrahlen am wirksamsten vor sich ging; auch die Atmung war intensiver.

Wenn das Blatt durch mangelhaften Lichtgenuß nicht mehr arbeiten kann, fällt es ab, wie bei Einwirkung aller anderen Faktoren, die seine Assimilationstätigkeit aufheben[5]). Daraus erklärt sich der regelmäßige „Sommerlaubfall", der vom „Hitzelaubfall" natürlich verschieden ist. Wiesner[6]) erklärt den Sommerlaubfall damit, „daß das dem Sommerbeginn folgende Sinken der täglichen Lichtstärke ein Sinken des (absoluten) Lichtgenusses der betreffenden Pflanze unter das Minimum herbeiführt, wodurch alsbald ein Loslösen der Blätter herbeigeführt wird".

---

[1]) Warming-Graebner, Lehrbuch d. Ökol. Pflanzengeogr. 3. Aufl., S. 20. — Graebner, Pflanzenwelt Deutschlands, S. 165.

[2]) Griffon, Ed., L'assimilation chlorophyllienne dans la lumière solaire, qui a traversé des feuilles. Compt. rend. CXXIX, Paris (1899), S. 1276.

[3]) Teodoresco, E., Influence des différentes radiations etc. Ann. sc. nat. 8 sér. X (1899), S. 141—263 mit 4 Taf. und 20 Abb.; vgl. Bot. Jahresber. 1901, 2, S. 133.

[4]) Palladin, W., Influence de la lumière etc. Rev. gen. bot. XI (1899), S. 81—105; vgl. Bot. Jahresber. 1899, 2, S. 134.

[5]) Vöchting, H., Über die Abhängigkeit des Laubfalls von seiner Assimilationstätigkeit. Bot. Zeit. 1891, Nr. 8 u. 9.

[6]) Wiesner, Jul., Über Laubfall infolge Sinkens des absoluten Lichtgenusses (Sommerlaubfall). Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XXII (1904), S. 64.

Es ist selbstverständlich, daß bei jeder Pflanze von der Ausgiebigkeit der Kohlenstoffassimilation die Menge der Blüten abhängig ist, also beschattete Exemplare weniger blühen[1]). Ausschließlich diffuses Licht verzögert die Blütezeit und kann die völlige Reife der Früchte verhindern, so daß die Samen gänzlich atrophieren können[2]).

Es kommen nun auch Fälle vor, wo Pflanzen mit bisheriger reichlicher Assimilation vor ihrer Blütenbildung verdunkelt werden. Im Dunkeln erscheinen die Blüten in der Regel später, ihre Farbe wird blasser, bisweilen weiß, ihre Größe und Substanzmenge geringer, die Blütenstiele nicht selten länger[3]). Wenn aber die Blätter im Lichte verweilen und nur die Blütenknospen tragenden Äste verdunkelt werden, dann entwickeln sich nach Kraus[4]) mit wenigen Ausnahmen die Blüten vollkommen.

Eine starke Lichtverminderung tritt auch durch häufig auftretende und anhaltende Nebel sowie starke Wolkenbildung ein. Abgesehen von der Feuchtigkeit des Klimas (vgl. S. 80), ist die Pflanzenarmut nebel- und wolkenreicher Gebiete, wie beispielsweise des westlichen Norwegen, sicher auch auf den Lichtentzug und die Lichtzersetzung zurückzuführen. Der Lichtmangel prägt sich in jenen Gegenden oft schon durch die Tracht der Pflanzen aus; so werden viele Arten dort an nährstoffreichen Orten viel großblätteriger als in Mitteleuropa. Graebner beobachtete z. B. in Westnorwegen, daß *Tropaeolum majus* scheinbar ganz blütenlos war, in Wirklichkeit steckten die Blüten unter der lichten Masse der großen Blätter.

Infolge des mit Nebel verbundenen Lichtmangels wird die Assimilation, Transpiration und Respiration zurückgedrückt. Manchmal stellt sich dabei (in England) eine eigenartige Gelbfleckigkeit ein. Dabei schien eine Häufung des Säuregehaltes (weil bei der verminderten Atmung weniger organische Säuren verbrennen) einzutreten und eine damit verbundene Turgeszenzsteigerung zu Zellstreckungen im Mesophyll zu führen (Aurigo).

Auf die Lichtvernichtung durch die Schattenspender und ihren Einfluß auf die Pflanzen ist in zahlreichen Arbeiten Bezug genommen; sehr wenig studiert scheint aber die Frage der **Lichtzersetzung** zu sein. Schon bei der Formationsbildung scheint diese eine nicht zu unterschätzende Rolle zu spielen[5]); so ist der Pflanzenwuchs selbst im schattigen Eichenwalde erheblich lebhafter als im Buchenwalde. Die Eichen mit ihren gegeneinander abgerundeten Kronen lassen eben stets etwas direkt einstrahlendes, also unzersetztes Sonnenlicht auf den Boden, die Buchen aber mit ihren ineinander fahrenden Zweigen lassen kein Stückchen des Himmels frei sichtbar. Jeder Lichtstrahl muß Blattflächen passieren, wird also gebrochen. Da bei dieser Brechung die kurzwelligen Strahlen, also die violetten, ultravioletten usw. am stärksten gebrochen werden, gehen von ihnen ver-

---

[1]) Vöchting, Über den Einfluß des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage der Blüten. Pringsh. Jahrb. wiss. Bot. XXV (1893), S. 149—208, t. VIII—X. — Graebner, P., Gelegentliche Kleistogamie. Verh. B. V. Brandenb. XXXV (1893), S. 148—154.

[2]) Passerini, N., Sopra la vegetazione di alcune piante alla luce solare diretta e diffusa. Bull. S. Bot. It. 1902, S. 13—24. Vgl. Justs Jahresber. 1902, 2, S. 628.

[3]) Beulaygue, Einfluß der Dunkelheit auf die Entwicklung der Blüten. Biedermanns Centralbl. 1902, S. 102.

[4]) Kraus, Über die Ursachen der Formveränderungen etiolierender Pflanzen. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. VII, S. 209.

[5]) Graebner, P., Lehrbuch der Pflanzengeographie, S. 185ff.; vgl. auch Warming-Graebner a. a. O., S. 21.

hältnismäßig viele für den Waldboden verloren, es werden die langwelligen, die roten und gelben überwiegen. Die im Walde (bes. in den Tropen) so häufig vorkommende bläuliche Färbung der Blätter an den Schattenpflanzen dürfte sicher als Farbenfilter dienen.

Noch viel wichtiger als für die Waldpflanzen ist das Studium der Lichtzersetzung aber für die Glashauskulturen. Schon durch das Glas wird das Licht zum Teil gebrochen, viel stärker aber durch die Schattendecken. Je feiner eine solche Decke gegliedert ist, desto mehr Lichtstrahlen werden naturgemäß gebrochen, am stärksten natürlich durch Kalkanstriche usw. Letztere erscheinen dem Auge bei niedrigstehender Sonne oft deutlich rosa durchscheinend. Diese dauernde Zersetzung des Lichtes, die Ablenkung kurzwelliger Strahlen muß auf lichtbedürftige Pflanzen (besonders auf die Pflanzen lichtreicher Länder, z. B. Australier usw.) störend wirken. Die Assimilation wird durch die langwelligen Strahlen kräftig gefördert, die Ableitung der Assimilate aber und andere an die Tätigkeit des Protoplasmas gebundene Stoffwechselvorgänge werden gehemmt erscheinen. Aufstau von Stärke und Zucker und anderes werden die Folge sein. Daß sich unter solchen Verhältnissen Läuse, Pilze und andere Parasiten kräftig vermehren und die Kulturen bedrohen, kann nicht wundernehmen (vgl. S. 295). Für die Beurteilung der Erkrankungen in Gewächshäusern und Mistbeetkästen müßten diese Dinge sicher stärkere Beachtung finden, wie sie auch für die Theorie des Glashausbaues herangezogen werden müßten.

Soweit uns bekannt geworden ist, hat sich allein C. Dorno[1]) mit der Frage der Zusammensetzung des Lichtes eingehend beschäftigt; er hat besonders in Davos eingehende Messungen bei verschiedenem Sonnenstande und wechselnder Bewölkung angestellt.

Daß die Lichtstärke für das Öffnen und Schließen (Tag- und Nachtblumen) vieler Blüten ausschlaggebend ist, ist allgemein bekannt[2]), durch trübes Wetter kann das Öffnen, also auch die Bestäubung von Lichtblüten verhindert werden.

Über die Einwirkung des Lichtes auf die Keimung mancher Samen liegen zahlreiche Arbeiten, so von Kinzel, Heinricher, Gassner unter anderen, vor[3]). Vielleicht hängt es auch mit dem Lichtbedürfnis zusammen, daß, wie S. 148f. erwähnt, manche Samen (sogar häufiger Unkräuter) nur bei ganz oberflächlicher Lage keimen.

Lagern des Getreides und anderer Feldfrüchte.

Daß vielfach Frostschäden Schwächungen des Halmes herbeiführen, die ohne oder (meistens) unter späterer Mitwirkung von Pilzen ein Umknicken einleiten, ist bereits S. 566ff. erwähnt. Ferner sind Insektenfraß, Windbruch, Hagelschlag, lang andauernder Regen nicht selten Veran-

---

[1]) Dorno, C., Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung — Bd. LXIII von: Die Wissenschaft, Braunschweig; Fr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1919. — Über Beobachtung der Sonnen- und Himmelsstrahlung und ihre Bedeutung für die Klimatologie und Biologie sowie für die Geophysik und Astronomie. Die Naturwissenschaft 1919, Heft 51, 52.

[2]) Vgl. u. a. Stoppel, R., Über den Einfluß des Lichtes auf das Öffnen und Schließen einiger Blüten. Zeitschr. f. Bot. 1910, S. 369ff.

[3]) Heinricher, Die Samenkeimung und das Licht. Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft XXVI, a (1908), S. 298—301. — Gassner, G., Über Keimungsbedingungen einiger südamerikanischer Gramineensamen I, II. Ebendort XXVIII (1910), S. 350, 564ff. — Vgl. auch die S. 425 zitierte Arbeit von Gassner, Über die keimungauslösende Wirkung der Stickstoffsalze auf lichtempfindliche Samen. Jahrb. W. Bot. XXXIII (1915), S. 259ff.

lassung zu einem Umknicken der Halme. Während aber die Mehrzahl der genannten Faktoren ein gruppenartiges Umlegen des Getreides veranlaßt, so daß dazwischen aufrechtstehende Halme verbleiben, ist das eigentliche, vom Landwirt am meisten gefürchtete Lagern ein in zusammenhängenden Flächen auftretendes Umknicken infolge zu schwacher Ausbildung der Halmbasis.

Daß dasselbe durch Lichtmangel hervorgerufen wird, hat L. Koch[1]) experimentell nachgewisen, indem er künstlich die Erscheinungen des Lagerns dadurch zustande gebracht hat, daß er die Halme beschattete. Es werden dadurch die bereits früher von Gronemeyer[2]) gemachten Angaben bestätigt. Die Schwäche des Halmes, die das Knicken bei dem Lagern bedingt, zeigt sich wesentlich in den unteren Stengelgliedern, und besonders ist es das zweite Internodium (von der Halmbasis aus gerechnet), welches dem Einknicken am meisten unterworfen ist.

Das erste, unterste Stengelglied ist zwar ebenfalls schwach, aber in der Regel zu kurz; dagegen ist das zweite am meisten gestreckt und am wenigsten verdickt. Die Zellen dieses Internodiums zeigen beim Lagergetreide im Verhältnis zu den entsprechenden des normalen Stengels eine bedeutende Überverlängerung und mangelhafte Verstärkung. Letztere ist besonders bei denjenigen Zellen in die Augen springend, welche am Halm den Raum zwischen Oberhaut und Gefäßbündelscheibe einnehmen und im wesentlichen durch ihre Verdickung die Festigkeit des Halmes bedingen.

Das Lagergetreide entsteht also, wenn bei zu dichtem Stand der Saaten eine genügende Beleuchtung der unteren Internodien unterbleibt. Die zu starke Beschattung wirkt auch in ganz frühen Entwicklungsstadien der Pflanze schon nachteilig durch Überverlängerung der Zellen und geringe Verdickung der Wandungen, was, wie gesagt, vorzugsweise im zweiten Internodium von unten stattfindet. Diese Übelstände werden dort stärker auftreten, wo die Blattscheide den Halm am dichtesten umschließt, also in der Nähe der Basis des Stengelgliedes.

Früher wurde als Grund für das Lagern des Getreides Mangel an Kieselsäure angenommen; dies ist irrig, da sich bei Wasserkulturen der Getreidepflanzen herausstellt, daß die Kieselsäure in minimalen Mengen genügt, eine normale Pflanze zu erzeugen, und da die Analysen von gelagertem Getreide gegenüber einem nicht gelagerten wenig Unterschied im Kieselsäuregehalt gezeigt haben.

In Verbindung mit dem Lichtmangel steht der zweite als Grund des Lagerns angegebene Punkt, daß die Krankheit auf zu reiche Stickstoffzufuhr im Boden zurückzuführen sei. Allerdings kann dies insofern eine Veranlassung abgeben, als dadurch eine zu üppige Entwicklung des Blattapparates hervorgerufen und die Beschattung wesentlich vermehrt wird; eine ebensolche Veranlassung wird aber überhaupt jeder Umstand geben, der zu dichten Stand der Saaten bedingt, also z. B. zu dichte Aussaat, reiche Wasserzufuhr usw. (vgl. bei Verscheinen des Getreides, S. 253).

Wie sehr die Ausbildung der Frucht sich durch verschiedene Stickstoffdüngung ändern und die Pflanze zum Lagern geneigt gemacht werden kann, erfahren wir aus den Untersuchungen von Ritthausen und Pott[3]). Die Pflanzen der Stickstoffparzellen lagerten nach wenigen starken Regengüssen. Kreusler und Kern bestätigen die obigen Angaben[4]).

---

[1]) Ludwig Koch, Abnorme Änderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung. — [2]) Gronemeyer in Agronom. Zeit. 1867, Nr. 34. — [3]) Landwirtsch. Versuchsstationen 1873, S. 384. — [4]) Centralbl. f. Agrikulturchemie 1876. I, S. 401.

Die Gesamtmenge der Ernte leidet bei zu üppigem und dadurch zu dichtem und dunklem Stande der Pflanzen nicht wenig. Versuche, welche sich an die im praktischen Betriebe vorkommenden Verhältnisse am meisten anlehnen, indem sie den Einfluß seitlicher Beschattung dartun, sind von Fittbogen[1]) ausgeführt worden. Derselbe beschattete Gerstenpflanzen unter sonst vollkommen gleichen Ernährungsverhältnissen durch einen um dieselben angebrachten Zylinder von nebeneinander befestigten Roggenhalmen, der in dem Maße in die Höhe geschoben wurde, als die an der Spitze immer beleuchtete Versuchspflanze selbst sich verlängerte. Die Pflanzen hatten also Licht zur Produktion, aber doch nicht genügend; sie brachten daher nur etwa $^2/_3$ von der Trockensubstanzmenge der allseitig beleuchteten Pflanzen hervor, trotz ihres 4—6 Wochen längeren Wachstums, das sie bis zur völligen Reife brauchten. Die Trockensubstanz war aber auch noch viel ungünstiger auf die einzelnen Ernteprodukte verteilt. Während nämlich unter normaler Beleuchtung bei der kleinen Gerste von der Gesamttrockensubstanz 47 % auf die Körner und 53 % auf Stroh und Spreu kamen, wurden bei den beschatteten Pflanzen auf 61 Gewichtsteile Stroh und Spreu nur 39 % Körner geerntet, die auch qualitativ geringer waren. Betreffs des Wasserverbrauchs ergab sich, daß die seitlich beschatteten Pflanzen trotz ihrer mindestens 6 Wochen längeren Vegetationszeit innerhalb der heißesten Monate Juli und August doch nur etwa $^1/_{10}$ mehr Wasser verbraucht hatten; in derselben Zeiteinheit also verdunsteten sie absolut bedeutend weniger als die normal beleuchteten Exemplare entsprechend der geringeren Produktion an Trockensubstanz. Relativ dagegen wird die Pflanze viel Wasser verdunstet haben; so sehen wir denn bei den beschatteten Pflanzen über 500 g Wasser pro Gramm Trockensubstanz verbraucht, während die normal beleuchteten Exemplare nur etwas über 300 g auf dieselbe Trockensubstanzmenge ausgehaucht haben. Also auch bei diesem Vegetationsfaktor sehen wir denselben Einfluß auf die Transpiration wie bei den anderen (Bodenlösung, Kohlensäuregehalt der Luft usw.). Eine unterhalb des Optimums beharrende Zufuhr eines Vegetationsfaktors erhöht den relativen Wasserverbrauch pro Gramm produzierter Trockensubstanz.

Der durch Lagern hervorgerufene Schaden wird in vielen Fällen bei Getreide dadurch vermindert, daß dasselbe die Fähigkeit besitzt, sich wieder aufzurichten. Der Vorgang des Aufrichtens beruht in der Fähigkeit der Halmknoten, noch zu einer Zeit Wachstumserscheinungen zu zeigen, in der die Zwischenglieder bereits verholzt sind. Nach der Erklärung von de Vries[2]) erfolgt dadurch, daß der Halm mit seinen Knoten nun zur Horizontalen geneigt ist, auf der der Erde zugewendeten Hälfte des die Biegung ausführenden Knotens durch den Einfluß der Schwerkraft eine Neubildung von osmotisch wirksamen Stoffen in den Parenchymzellen. Diese ziehen Wasser an, dehnen sich mehr aus und heben auf diese Weise das über dem Knoten sitzende Halmglied.

Wenn die Aussaat bereits geschehen ist und ein zu dichter Pflanzenbestand, üppige Entwicklung und feuchte Witterung ein späteres Lagern befürchten lassen, dann muß man, durch scharfes Eggen, Walzen oder vorsichtiges Abweiden und Schröpfen einen Teil des Blattapparates zu

---

[1]) Vortrag aus dem Klub der Landwirte am 14. Dez. 1875.

[2]) De Vries, Über die Aufrichtung des gelagerten Getreides. Landwirtsch. Jahrbücher von Thiel, IX (1810), Heft 3.

entfernen suchen, um dem Lichte möglichst genügenden Zutritt zu verschaffen. Schribaux[1]) empfiehlt Herbstsaaten bei 30 cm Höhe auf die Hälfte zu kürzen und dies gegebenenfalls zu wiederholen. Der Strohertrag wird herabgedrückt, die Menge und die Güte des Korns aber nimmt zu. Die Ährenentwicklung wird gleichmäßig.

Betreffs der Kulturmaßnahmen müssen wir auf die eingehende, auf experimentelle Studien gestützte Arbeit von C. Kraus[2]) verweisen, weil nach den hier erwähnten verschiedenen Ursachen des Lagerns auch die Verhütungsmaßregeln mannigfaltig sein müssen. Im Prinzip handelt es sich nicht allein darum, kräftige, gegen Gleichgewichtsstörungen möglichst widerstandsfähige Pflanzen zu züchten, sondern auch dafür Sorge zu tragen, daß die ober- und unterirdisch mechanisch gut ausgebildeten Pflanzen innerhalb der Erde durch einen zweckmäßig entwickelten Wurzelapparat ihre unentbehrliche Stützung finden. Nach diesen beiden Richtungen hin wird jetzt auch die Zuchtauslese betrieben. Selbst das Wetter bei der Saatzeit wirkt schon bestimmend für die Lage des die Verankerung der Pflanze im Boden vorzugsweise regelnden Bestockungsknotens mit. Nach Schellenberg[3]) liegen die Bestockungsknoten höher, wenn die Saat bei trübem Wetter sich entwickelt; es ist daher vorteilhafter (auch für die Winterung), wenn die Saat bei hellem Wetter aufgeht.

Bei an und für sich zum Lagern geneigten, schwachstengeligen Pflanzen tritt bisweilen neben dem Lagern ein Faulen der dem Licht gänzlich entzogenen Partien auf, was besonders verlustbringend bei dem Lagern der Futterwicken ist. Als Vorbeugungsmittel wird angeraten, etwas Pferdezahnmais mit auszusäen, an dessen Stengeln sich die Wicken hinaufwinden können, und dessen Blätter ein gutes Futter darbieten.

Gegen das Lagern der Erbsen, Wicken u. dgl. wird auch empfohlen, Leindotter (*Camelina sativa*) etwa 6 l pro Hektar zwischenzusäen. Diese Pflanze wird ungefähr gleichzeitig mit den Erbsen reif, und die Körner lassen sich leicht durch Siebe von den Erbsen trennen, während das in der Regel dazwischen gebaute Getreide (Sommerroggen, Hafer) viel schwieriger auszuscheiden ist und den Boden für die folgende Winterfrucht mehr aussaugt.

Dieselben Erscheinungen des Vergeilens infolge zu dichten Standes uud Beschattung der Stengel treten auch bei anderen Pflanzen auf. In den Saatbeeten, wo die Sämlinge dicht nebeneinander aufgehen, wird das hypokotyle Glied der Pflänzchen oft um das Vielfache seiner normalen Länge gestreckt und knickt dann oft um, auch ohne daß sich (wie sehr häufig) parasitische Pilze (*Pythium Debaryanum*; vgl. S. 444 u. a.) vorfinden.

Lichtmangel als Krankheitsdisposition[4]).

Der Einwanderung von Parasiten wird die Membran bei verspillerten Pflanzen geringen mechanischen Widerstand entgegensetzen. Es werden aber auch alle atmosphärischen Einflüsse und deren Schwankungen leichter zum plasmatischen Zelleibe gelangen und dessen Funktionen stören können.

---

[1]) Schribaux, E., L'écimage des blés contre la verse. La terre Vaudoise 1920, S. 176 bis 179.

[2]) Kraus, C., Die Lagerung der Getreide. Stuttgart 1908, Eugen Ulmer.

[3]) Schellenberg, H. C., Untersuchungen über die Lage des Bestockungsknotens beim Getreide. Forsch. auf dem Gebiete der Landwirtsch. Frauenfeld 1902.

[4]) Über die Unterdrückung der Blütenbildung durch Lichtmangel usw. vgl. Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl. (1920), S. 267.

Die erste Andeutung für eine Veränderung der Funktionen finden wir bei Verdunklung schon in einer Wanderung der Chlorophyllkörper an die Seitenwände. Gleichzeitig leitet sich auch eine andere bedeutungsvolle Änderung, nämlich das Schließen der Spaltöffnungen, ein. Diese schon früher bei vollkommener Dunkelheit beobachtete Erscheinung stellt sich aber nach Schwendener[1]) auch schon bei plötzlicher Abnahme der Beleuchtungsintensität ein. Das ist nicht etwa eine Folge der mit der Lichtabnahme verbundenen Wärmeerniedrigung, denn eine Temperaturerhöhung innerhalb der gewöhnlichen Schwankungen bewirkt kein Öffnen dieser Apparate.

Daß eine längere Unterdrückung oder doch Herabminderung des Gasaustausches Veränderungen des Zellinhaltes durch Sauerstoffmangel (also z. B. Neigung zur Alkoholbildung) herbeiführen kann, ist naheliegend. Diese Störungen werden um so leichter eintreten, je intensiver die Wachstumsfähigkeit und je größer das Durchlüftungsbedürfnis ist. Also gerade junge Organe werden dies empfinden, während alte, mehrjährige Blätter mit ihrem geringeren Lichtbedarf länger eine Beschränkung im Gasaustausch ertragen. Dies deutet die Natur auch schon durch die mit zunehmendem Alter gesteigerte Wandverdickung der Schließzellen an, welche nach Schwendener bisweilen so stark ist, daß ein Öffnen der Spaltöffnungen überhaupt nicht mehr möglich ist.

Betreffs der geringeren Transpiration fand Sorauer bei jungen, auf ihre Kotyledonen angewiesenen Keimpflanzen von *Phaseolus* den Unterschied zwischen etiolierten und normalen Pflanzen derart, daß erstere pro Quadratzentimeter Blattfläche 0,21 g, letztere 0,29 g im Durchschnitt in derselben Zeiteinheit verdunsteten[2]). Parallel mit der Verdunstung geht unter sonst gleichen Verhältnissen die Produktion von Trockensubstanz einer Pflanze. Die Untersuchung ergab, daß nicht nur die absolute Produktion der jungen Pflanzen eine wesentlich energischere am Lichte war, sondern daß sich auch der Quadratzentimeter Blattfläche substanzreicher aufbaute. Ähnlich wie Lichtentziehung durch Verdunklung, wirkt auch Lichtschwächung durch Anwendung von gefärbten Medien, welche die Lichtstrahlen passieren müssen. Im gelben Lichte sind Assimilation und Transpiration energischer als im blauen Lichte; wenigstens spricht die Mehrzahl der Versuche dafür[3]).

Die Produktionsenergie und auch der Produktionsmodus der Pflanzen ändern sich mit der Lichtabnahme, und diese Veränderung äußert sich nicht bloß in der gestaltlichen, sondern auch in der stofflichen Zusammensetzung.

Daß aus Knollen und Samen die mobilisierten Reservestoffe bis auf eine gewisse Länge in die jungen, gänzlich verdunkelten Triebe wandern, ist bereits erwähnt worden. Bei zu langem Wege gehen schließlich aber die Triebe doch zugrunde, weil sie verhungern; sie veratmen mehr, als sie Atmungsmaterial in Form von Zucker u. dgl. zugeführt erhalten. Daß die Stärke bei ihrer Auflösung in Zucker übergeht und dieser teils zum

---

[1]) Schwendener, Über Bau und Mechanik der Spaltöffnungen. Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Juli 1881; vgl. Bot. Zeit. 1882, S. 234.

[2]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Aus Wollnys „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“. I, Heft 4/5, S. 116.

[3]) Vgl. Hellriegel, Beiträge S. 378. — Nobbe, Versuchsstationen XXVI, S. 354. — Flahault, Bot. Centralbl. 1880, S. 932. — Dehérain, Bot. Zeit. 1873, S. 494.

Aufbau, teils zur Unterhaltung der Atmung Verwendung findet, lehren beispielsweise einige Versuche von Müller-Thurgau[1]). Weinblätter, welche 2% Zucker und ebensoviel Stärke enthielten, wurden abgeschnitten und mit dem Stiel in Wasser gesetzt; das Gefäß kam in einen dunklen Raum von 0°. Nach 9 Tagen war die Stärke bis auf Spuren verschwunden. Da die Atmung des Weinstocks jedoch bei 0° eine sehr geringe ist, so konnte der durch Lösung der Stärke in der Dunkelheit entstandene Zucker nicht veratmet werden und mußte sich demgemäß im Blatte anhäufen. Tatsächlich stellte die Untersuchung 4% Zucker in den Blättern fest.

Somit wird die Verdunklung die Zuckerbildung in den Organen gegenüber der Stärkebildung in den Vordergrund treten lassen. Wenn, wie dies bei dem Wachstum der Pflanzen im Freien häufig der Fall ist, mit der Lichtabnahme gleichzeitig eine wesentliche Temperaturabnahme stattfindet, so bedeutet dies eine Stauung von Zucker in den assimilierenden Geweben.

Jeder, der sich mit Kultur von Pilzen in Nährlösungen beschäftigt hat, weiß aber auch, wie günstig gerade eine Zuckerzufuhr auf die Entwicklung mancher parasitischer Pilze wirkt (vgl. auch den Zuckerstau bei Honigtau S. 295, die Stärkeschoppung bei den Rollkrankheiten S. 534ff.).

Trübe, kühle Tage werden also nicht nur die Assimilationsarbeit der grünen Pflanzenteile schwächen, sondern gleichzeitig durch Herabdrücken des Atmungsprozesses eine Zuckeranhäufung in den Blattzellen herbeiführen und somit die Herstellung eines günstigeren Mutterbodens für pflanzliche und tierische Parasiten ermöglichen.

Auch der Säuregehalt der Pflanzenteile ist bei Verdunklung ein wesentlich anderer als bei zusagender Beleuchtung des Organs.

Die Beobachtung ist schon alt, daß manche Pflanzen (*Crassulaceen*) in der Nacht sauer schmecken[2]), während dies am Tage nicht bemerkbar ist[3]). Bei verspillerten Pflanzen konnte Wiesner erkennen, daß die Blätter vieler monokotyler Gewächse äußerst reich an organischen Säuren sind[4]), und später machte de Vries die Beobachtung[5]) auch an Stengeln etiolierter Dikotylen. Bei Beleuchtung verschwindet der reiche Säuregehalt, was wenigstens für die Crassulaceen nachgewiesen worden, bei denen von de Vries nur dann in der Nacht eine reiche Säurebildung konstatiert werden konnte, wenn am Tage reichliche Beleuchtung der Pflanzen stattgefunden hatte. War die Lichtzufuhr am Tage nur auf einige Stunden beschränkt, so war auch der Säuregehalt in der Nacht entsprechend niedriger.

Steigerung der Wärme steigert auch die Säurezersetzung im Dunkeln; kühlere Nächte führen zur Säurespeicherung.

Direkt nachgewiesen wird dies durch die Versuche von de Vries[6]).

[1]) Müller-Thurgau, Über den Einfluß der Belaubung auf das Reifen der Trauben. Weinbaukongreß zu Durkheim a. d. H. 1882.

[2]) Heyne und Link in Jahrbuch der Gewächskunde von Sprengel, Schrader und Link. 1819, S. 70 u. 73.

[3]) Ad. Mayer, Über Sauerstoffausscheidung usw. Verhandl. d. Heidelberger naturf. Gesellsch. 4./8. 1875. — Landwirtsch. Versuchsstat. XVIII (1875), S. 410, XXI, S. 277.

[4]) Wiesner, Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. I, April 1874, LXIX; vgl. Bot. Zeit. 1874, S. 116.

[5]) De Vries, Über die Bedeutung der Pflanzensäuren für den Turgor der Zellen. Bot. Zeit. 1879, S. 852. — Über die periodische Säurebildung der Fettpflanzen. Bot. Zeit. 1884, Nr. 22 u. 23.

[6]) Bot. Zeit. 1884, S. 340.

Es geht aus dem mit jedem folgenden Tage der Verdunklung sich steigernden Geringerwerden des Säureverlustes aber auch hervor, daß das Verschwinden der Säure an den Vorrat des im Lichte erarbeitet gewesenen Materials zur Säurebildung gebunden ist.

Die Pflanzen produzieren also fortwährend Säuren, und zwar um so energischer, je wachstumskräftiger ihre Organe sich erweisen. Bei Beleuchtung werden die Säuren in dem Maße, wie sie entstehen, verbrannt; im Finstern speichern sich die Säuren, und verspillerte Pflanzen sind darum relativ säurereich. Die Unterdrückung der Infloreszenzen vermehrt den Gehalt an flüchtigen Säuren in den Blättern. Auch der Säuregehalt in den Wurzeln ist großen Schwankungen unterworfen und soll nach Charabot[1]) bei Pflanzen, die im Schatten kultiviert werden, sogar größer als in den Blättern sein. Im allgemeinen ist er in etiolierten Pflanzen größer.

Diese Anhäufung von Säure kann an und für sich schon solchen Pilzen, die Säuren zersetzen, die Möglichkeit der Ansiedlung und üppigen Entwicklung bieten; es kann aber auch noch eine übermäßige Turgeszenzsteigerung des Gewebes hinzukommen, da nach de Vries es vorzugsweise die Pflanzensäuren sind, welche die Turgorkraft der Zelle bedingen.

Wie sehr der Säuregehalt manchmal maßgebend sein kann, beweisen die Untersuchungen von Viala und Pacottet[2]) über den Black Rot (*Guignardia Bidwellii*). Die Impfversuche ergaben nur Erfolg bei jungen Beeren, solange der Säuregehalt den Zuckergehalt überwiegt. — Nicht bloß der Gehalt an organischen Säuren steigert sich, sondern auch das indifferente Aschenmaterial wird durch veränderte Nährstoffaufnahme ein anderes. Dies geht aus den Versuchen von André[3]) hervor, der etiolierte Pflanzen durch erhöhte Temperatur (30°) zu besonderer Tätigkeit anregen wollte. Er fand aber nur eine außerordentliche Steigerung der Kieselsäureaufnahme unter Ausschluß anderer Mineralbestandteile.

Im engsten Zusammenhange mit den geschilderten Vorgängen der Bildung und Verbrennung der Kohlenhydrate steht auch die Eiweißzersetzung und -rückbildung in der Pflanzenzelle[4]).

Bei der Keimung und bei dem Austreiben der Knospen an Zweigen, Wurzeln und Knollen sehen wir die Produkte des Eiweißzerfalles, welche denen der künstlichen Eiweißzersetzung gleich sind, also Asparagin, Glutamin, Leuzin, Tyrosin in größter Menge auftreten. Nach Borodins Untersuchungen[5]) treten diese Amidoverbindungen nun um so reichlicher auf, je weniger stickstofffreie Bestandteile (namentlich wohl Traubenzucker) vorhanden sind, welche zur Rückbildung von Eiweiß verwendet werden können.

Da nun bei verspillerten ebenso wie bei beleuchteten, aber in kohlensäurefreier Luft erzogenen Pflanzen die Neuproduktion von Kohlenhydraten unterbleibt und dieselben durch Veratmung von Tag zu Tag mehr ver-

---

[1]) Charabot, E., et Hebert, A., Recherches sur l'acidité végétale. Compt. rend. CXXXVIII (1904), S. 1714.

[2]) Viala, P., et Pacottet, P., Sur le développement du Black Rot. Compt. rend. CXXXIX, S. 152.

[3]) André, G., Wirkung der Temperatur auf die Absorption der Mineralstoffe bei etiolierten Pflanzen. Compt. rend. 1902; vgl. Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchemie 1903, Heft 2.

[4]) Pfeffer in Jahrb. f. wissensch. Bot. VIII (1872), S. 548. — Tagebl. d. Naturf.-Vers. zu Wiesbaden.

[5]) Bot. Zeit. 1878, S. 802ff.

braucht werden, so wird nun eine Anhäufung des Asparagins stattfinden. Von neueren Beobachtern erwähnen wir Zaleski (s. unten), der bei Keimlingspflanzen von *Allium cepa* Vermehrung des Asparagins wahrnahm. Namentlich aber ist die schon erwähnte Arbeit von Schulze und Castoro[1]) zu beachten, aus der hervorgeht, daß z. B. bei etiolierten Keimpflanzen von *Lupinus albus* der Gehalt an Proteinstoffen ab-, der Asparagingehalt aber beständig zunimmt. Tyrosin und Leuzin nehmen ab.

Tatsächlich fand E. Schulze mehr als die Hälfte des Gesamtstickstoffs bei zwanzigtägigen, verspillerten Lupinenkeimlingen in der Form von Asparagin wieder[2]). Wenn nun fortdauernd der N-freie Teil des Eiweißmoleküls veratmet wird und keine neuen N-losen Bestandteile vorhanden sind, um normales Eiweiß im Protoplasmakörper aufzubauen, so wird der Zellenleib die tiefgehendsten Störungen erfahren; es ist wahrscheinlich, daß ein weiterer Zerfall nun Fäulniserscheinungen einleitet, welche den üppigsten Nährboden für Parasiten und Saprophyten herstellen. Das Asparagin wird von Pilzen bei Gegenwart von Zucker sehr gut verarbeitet. Bei Keimung von angefeuchtetem Kressesamen sah Vogel[3]) im Dunkeln Schwefelwasserstoff entstehen, während in den Parallelversuchen mit beleuchteten Flaschen das Bleipapier nahezu keine Veränderung zeigte.

Bei den Blättern kann im Blattparenchym ein anderer Vorgang herrschen als in den Blattnerven. Bei jungen *Dahlia*pflanzen wies Borodin[4]) in den Blattnerven und im Blattstiel Salpeter nach, in dem Blattparenchym aber große Mengen von Tyrosin und keinen Salpeter. Es mag hier das Tyrosin kein Spaltungsprodukt, sondern ein synthetisches Produkt sein; denn wenn die jungen Triebe der *Dahlia* etiolieren, bildet sich kein Tyrosin, sondern Asparagin, das bei Wachstum unter Beleuchtung nicht zum Vorschein kommt.

Bisweilen findet man allerdings noch eine Zunahme an Eiweißstoffen im Dunkeln, aber dann liegt die Ursache darin, daß sehr reichlich Kohlenhydrate in Reservestoffbehältern zunächst noch zur Verfügung stehen, wie z. B. bei *Allium cepa* von Iwanoff[5]) angegeben wird. Sind Kohlenhydrate vorhanden, so können selbst Blätter im Dunkeln den Nitratstickstoff in Eiweißstickstoff umwandeln, wie Zaleski bei *Helianthus*-Blättern fand, die eine Nährlösung mit Nitraten und Zucker eingesetzt worden waren.

Tubeuf und seine Tochter E. v. Tubeuf[6]) haben auf die Entstehung der Weißpunktkrankheit als Folge zu starker Beschattung aufmerksam gemacht. Die weißen Punkte auf den Blättern der Gehölze und Kräuter werden aber durch Kleinzirpen (*Typhlocyba*-Arten) und auch wohl durch andere Parasiten (vgl. Bd. III) verursacht.

---

[1]) Schulze, E., und Castoro, N., Beiträge zur Kenntnis der Zusammensetzung und des Stoffwechsels der Keimpflanzen. Zeitschr. physiol. Chem. XXXVIII (1903), S. 199; vgl. Bot. Centralbl. XCVI (1904), S. 540.

[2]) Schulze, E., Über den Eiweißumsatz im Pflanzenorganismus. Landwirtsch. Jahrbücher 1880, S. 1—60.

[3]) Vogel, Ein auffälliger Unterschied zwischen Keimen am Tageslicht und im Dunkeln. Österr. Landw. Wochenbl. III (1877), S. 461; vgl. Bot. Jahresber. 1877, S. 675.

[4]) Sitzungsber. d. Bot. Sekt. Petersburg. Naturf. Ges. Mai 1881; vgl. Botan. Zeit. 1882, S. 589.

[5]) Iwanoff, M., Versuche über die Frage, ob in den Pflanzen bei Lichtabschluß Eiweißstoffe sich bilden. Landw. Versuchsstationen 1901, S. 78.

[6]) v. Tubeuf, Naturw. Zeitschr. Forst- u. Landw. 1915, S. 469; E. v. Tubeuf, Ebendort 1916, S. 436.

Wir haben hier eine Summe von Tatsachen vorgeführt, welche die stofflichen Änderungen im Pflanzenleibe bei Lichtmangel dartun. Diese erklären zur Genüge die geringere Widerstandskraft der verdunkelten Pflanzenteile sowohl gegenüber atmosphärischen Einflüssen als auch parasitären Angriffen.

Nebel (vgl. auch S. 444ff.).

Daß in der Ebene sogenannte „Nebellöcher", auch „Frostlöcher", sind, welche z. B. durch starke Flechtenvegetation an den Baumstämmen sich auszeichnen, dürfte bekannt sein.

In den warmen Gegenden wird der Nebel bedeutungsvoller als schädigender Faktor, weil er hier als wesentlicher Förderer saprophyter und parasitärer Pilze sich geltend machen kann. Den häufigsten Klagen begegnen wir bei den Baumwollkulturen; eingehende Schilderungen liegen aus Ägypten vor. David[1]) schreibt aus der Baumwollversuchsstation zu Zagazig, daß an jedem Morgen im Oktober in Unterägypten der Boden von schweren, dichten Ausdünstungen oder niedrigen Nebeln bedeckt erscheint. Eine allgemeine Folge ist zunächst die, daß die Kapseln sich nicht öffnen, weil die Fruchtblätter zu zähe bleiben. Die Baumwollhaare in den Kapseln faulen oder werden durch die Einwirkung eines Schwärzepilzes entwertet. Neben der Baumwolle leiden auch *Hibiscus esculentus* und *H. cannabinus*, ja selbst junge Maispflanzen. Die wesentlichste Veranlassung zu dieser verhängnisvollen Nebelbildung, die von den englischen und Gebirgsnebeln vollständig verschieden ist, gibt das Einsickern des Wassers vom Nil her und die während der Brache erfolgende Unterwassersetzung des Landes, so daß der Boden naß, dicht und schlammig wird.

Die Empfindlichkeit der Baumwolle erklärt sich aus ihren speziellen Ansprüchen an Boden und Klima. Dieselben werden besonders eingehend in der Spezialarbeit von Oppel[2]) geschildert. Danach verträgt die Baumwolle als Tieflandpflanze keinen steinigen Boden und keine schroffen Temperaturübergänge; sie verlangt in ihrer sechsmonatlichen Wachstumszeit 18—20° Mittelwärme und ausgiebige Feuchtigkeit, erweist sich aber gegen anhaltende Regenzeit sehr empfindlich. „Hohe Luftwärme, große Bodenwärme, heiterer Himmel bei Tage und reichlicher Taufall bei Nacht sind Hauptbedingungen." Nach Aufbrechen der Blüten muß trockenes, warmes Wetter herrschen. Sandiger Boden ist besonders zusagend; auf humusreichen Böden schießt die Pflanze zu sehr ins Kraut. Tonboden ist gänzlich untauglich, da er die Feuchtigkeit nicht durchläßt.

Übrigens liegen auch Beispiele von Anpassung an das Klima vor. So berichten Webber und Bessey[3]), daß die Baumwolle bei ihrer Überführung von den Bahamas nach Georgien anfangs zugrunde ging, doch allmählich sich dem gemäßigten Klima anpaßte.

Schattentracht der Gehölze usw.

Beim Abschnitt über das Ausreifen der Gehölze ist oben S. 506 gezeigt, wie durch die Verzögerung in der Entwicklung und namentlich der Assimilation durch Wärmemangel der Zustand der völligen Ausbildung

---

[1]) David, Nebel und Erdausdünstungen und ihr Einfluß auf ägyptische Baumwolle. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VII (1897), S. 143.

[2]) Oppel, Die Baumwolle nach Geschichte, Anbau usw. Leipzig 1902. Vgl. Bot. Jahresber. 1902, 1, S. 374.

[3]) Yearbook of the Depart. of Agricult. 1899, S. 463.

der Organe und der Winterruhe nicht erreicht wird. Soeben ist besprochen, wie durch Abnahme der für die betreffende Pflanzenart erforderlichen Lichtmenge eine Verlangsamung der Arbeit der grünen Organe eintritt, die Ergänzung plastischen Materials gehindert wird, und wie die beschatteten Blätter und Blattzweige an den unbeschatteten nur schlecht oder gar nicht mit plastischem Material versorgt werden. Die Folge ist auch hier eine mangelhafte Ausbildung des Holzes, der Knospen usw.; der Trieb, der Zweig, der Ast reift auch bei Lichtmangel nicht aus, er erfriert im nächsten Winter oder wird durch die S. 270 ff. bei den Absprüngen geschilderten Vorgänge abgeworfen. Da die beschatteten Blätter nur schwach assimilieren, saugen sie auch schwach, und daher werden solche Zweige aus den kräftigen Saftbahnen ausgeschaltet.

Im Innern der Krone der Bäume und Sträucher ist dieser Vorgang ganz normal; durch ihn erfolgt die natürliche Auslichtung der Krone, der Abwurf der überzähligen Äste und Zweige. Daß solche abgestorbenen oder zum Teil sogar schon abgebrochenen Zweige und Äste eine Gefahr für die Pflanze bilden können, liegt auf der Hand; in das tote Gewebe dringen oft fakultative Parasiten (vgl. S. 27f.), wie *Nectria, Polyporus* usw., ein, die namentlich an ungünstigen Stellen stehende Gehölze leicht stark befallen und eventuell abtöten.

Daß Blätter durch den Wind in ihrer notwendigen Lichtmenge beeinträchtigt werden können, hat neuerdings Wiesner[1]) gezeigt. Besonders die Schattenblätter können durch heftige Winde aus ihrer fixen Lichtlage, ihrer Normalebene gebracht werden, so daß sie nicht in dieselbe zurückkehren können. Dies bringt eine Abschwächung des Lichtgenusses, dem die Blätter erliegen können; sie werden abgestoßen.

Je schattiger eine ganze Pflanze, ein Gehölz usw. aber steht, wenn es lichtbedürftig ist, desto mehr wird es in seiner Tracht verändert. Naturgemäß wird zunächst die Zahl der im Innern absterbenden Zweige entsprechend der Lichtverminderung größer werden, die Zahl der Äste wird immer geringer, die Pflanze wird sparrig. Es werden an sehr schattigen Stellen schließlich fast nur die Leittriebe erhalten bleiben; eine Rutentracht ist die Folge, und bei zu starkem Schatten stirbt schließlich die ganze Pflanze bis zum Erdboden ab. Aus dem Stumpf respektive aus den Wurzeln kommen bei manchen Arten dann bis zur völligen Erschöpfung jährlich noch einige Langtriebe heraus. Je empfindlicher eine Pflanze gegen die winterlichen Fröste an sich ist, desto leichter wird sie auch beim Mangel des Ausreifens infolge Lichtmangels der Kälte erliegen; so ist sonniger Standort oft ein guter Kälteschutz (vgl S. 506ff.).

Nach neueren Untersuchungen von Scheidter[2]) gehört hierher auch das seit 15—20 Jahren im Frankenwalde und anderswo beobachtete Tannensterben, für das bisher klimatische Einflüsse, Rauchbeschädigungen, Tannenmüdigkeit, Tanneninsekten, Hallimasch u. a. verantwortlich gemacht wurden. Scheidter sucht zu zeigen, daß alle diese Faktoren nur sekundäre Bedeutung haben, und daß die Hauptursache in der Art der Bewirtschaftung zu suchen ist. Im „Plenterbetrieb" bewirtschaftete Privatwaldungen waren so gut wie vollkommen frei vom „Tannensterben",

---

[1]) Wiesner, J. von, Studien über den Einfluß der Luftbewegung auf die Beleuchtung des Laubes. Sitz.-Ber. der Akad. d. Wissensch. Wien. CXXIII (1914), S. 895—910.

[2]) Scheidter, Franz, Das Tannensterben im Frankenwalde. Naturw. Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft XVII (1919), S. 69—90. Vgl. Angew. Bot. I (1919).

während dicht daneben liegende Staatswaldungen sehr zu leiden hatten. Zu dichter Bestand, vor allem Mischbestand mit der Fichte hemmen die normale Entwicklung der Tanne; durch die starke Beschattung sterben die unteren Zweige ab und werden für die Nahrungszufuhr unbrauchbar. Die übrig bleibende kleine Krone ist nicht mehr imstande, genügend Wasser in die Höhe zu ziehen, die Tanne bleibt infolgedessen im Wachstum hinter der Fichte, die sie bald vollständig überflügelt, zurück und stirbt ab. Auf den absterbenden Tannen finden Hallimasch und Tanneninsekten geeignete Nährstätte, sie vermehren sich stark und befallen nun auch gesunde Exemplare.

Rubner[1]) hat darauf aufmerksam gemacht, daß schlechte Beleuchtung (wie auch andere Schädigungen [Kahlfraß, Alpenklima usw.]) die Ausbildung der Jahresringe hindern können. Der Mangel an plastischem Material läßt den Jahresring verkümmern oder ganz fehlen und die Pflanzen behalten öfter lange Jahre die jugendliche Tracht.

Arn. Engler[2]) und in neuester Zeit E. Münch[3]) haben gezeigt, daß die verschiedene Zeit der Belaubung der Buche und ihrer einzelnen Zweige davon abhängt, ob die Individuen oder auch ihre Teile beschattet sind oder nicht; je mehr Lichtknospen vorhanden sind, desto später wird das junge Laub entwickelt.

Große Blätter der Blattpflanzen.

Je größer die Blätter einer sogenannten „Blattpflanze", d. h. der lediglich ihrer Blätter wegen gezogenen Zierpflanze sind, desto wertvoller sind sie im Handel. Bei der Topfkultur der tropischen und subtropischen Arten, der Palmen, Dracänen, Cordylinen, *Aspidistra*, *Maranta* und vielen anderen, wird daher vielfach das Verfahren angewandt, daß sie für die Zeit der Entwicklung der letzten Blätter vor dem Verkauf in möglichst feuchte Luft bei matter Belichtung gebracht werden. Die matte Belichtung bewirkt, wie schon oben bemerkt wurde, die Vergrößerung der Blätter. Diese Vergrößerung der Blattflächen bei schwacher Assimilation bedeutet naturgemäß einen starken Verbrauch der unter besserer Belichtung erzeugten Reservesubstanzen der Stämme, Grundachsen oder Knollen usw. Wird nun dieses Kulturverfahren lange genug angewandt, so sind die Pflanzen schließlich aller Reservenahrung beraubt, so daß sie eben keinerlei Widerstandskraft mehr besitzen.

Wohl das bekannteste Beispiel dieser Art liefern die jungen Exemplare der *Livistona Sinensis* (von den Gärtnern meist *Latania Borbonica* genannt). Diese werden bis zu einer bestimmten Größe, je nachdem man größere, etwas ältere oder kleine, ganz junge Handelsware ziehen will, unter möglichst normalen Belichtungsverhältnissen kräftig kultiviert. Für die Erzeugung der letzten Blätter werden sie dann aber stark beschattet und gespritzt. Die Folge ist, daß die neuen Blätter nicht nur unverhältnismäßig große Blattflächen haben, sondern auch sehr lange Blattstiele treiben, so daß die

---

[1]) Rubner, K., Das Hungern des Kambiums. Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1910, S. 212 mit 28 Abb.

[2]) Engler, Arn., Untersuchungen über den Blattausbruch und das sonstige Verhalten von Schatten- und Lichtpflanzen der Buche und einiger anderer Laubhölzer. Mitt. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Vers.-Wes. X (1913). — Versuche mit Samen der Fichte. Ebendort, S. 364.

[3]) Münch, E., Die Knospenentfaltung der Fichte und die Spätfrostgefahr. Allg. Forst- u. Jagdztg. Nov. 1923, S. 241—266.

Blätter hoch herausgehoben werden; das jüngste am höchsten. Das Publikum findet die hierdurch erzeugte, einen Zustand üppigen Wachstums vortäuschende Tracht schön, und der Händler hat eine unverhältnismäßig hohe und breite Pflanze anzubieten. Die starke Erschöpfung an plastischem Reservematerial macht sich meist sehr bald nach der Überführung in andere Verhältnisse bemerkbar. Selbst unter guter Kultur hebt sich meist schon das nächste Blatt kaum aus der Mitte heraus; oft entfaltet es sich sogar, ohne den Stiel herauszuschieben, oder der Stiel bleibt kurz, die nächsten Blätter klein, so daß das ganze Gebilde einen krankhaften Eindruck macht. Kommen dazu nun noch, wie so oft, die Einwirkungen des Temperaturwechsels (besonders an den Wurzeln) zwischen Gewächshaus und Zimmer und womöglich noch übermäßige Bewässerung und Wurzelfäulnis, so sind die Pflanzen meist bald abgestorben.

Lichtüberschuß.

Nach den Erfahrungen, die über den Einfluß der Wärme auf die einzelnen Vegetationsvorgänge in großer Anzahl bereits vorliegen, ist von vornherein zu vermuten, daß auch für die Lichtwirkung nicht nur eine Minimalgrenze vorhanden ist, sondern daß auch ein bei jeder Pflanze für jeden Vorgang und für jede Kombination der Vegetationsfaktoren besonderer Beleuchtungsgrad existiert, der als der optimale bezeichnet werden kann, und dessen Überschreitung einen Produktionsrückgang einleitet. In der Tat ist bereits bei einer Anzahl von Pflanzen die Beobachtung gemacht worden, daß, wenn das Licht über ein gewisses Maß hinaus gesteigert wird, die Assimilation, kenntlich durch die Sauerstoffausscheidung, nicht mehr fortschreitet, sondern stehen bleibt[1]) oder gar zurückgeht[2]). Vorausgesetzt ist dabei ein normaler Kohlensäuregehalt der Luft; denn auch bei einem zu hohen Gehalt der Luft an diesem Bestandteil geht die Sauerstoffausscheidung zurück, wie schon Boussingault und nach ihm Pfeffer[3]) dargetan haben. Ein optimaler Beleuchtungszustand macht sich im Aussehen der Pflanze kenntlich, indem dieselbe eine tiefgrüne Färbung erhält, welche sie bei größerer Steigerung der Lichtintensität über das Optimum hinaus verliert und dafür einen gelben Farbenton annimmt.

Bekannt ist die Erscheinung, daß die dunkelgrünen Blätter der Kamelien und anderer immergrüner Schattenpflanzen nach dem Transport aus dem Glashause ins Freie an sonnigen Stellen Gelblaubigkeit zeigen. Die Kamelie ist eine japanische Unterholzpflanze, die schon mit geringeren Lichtquantitäten zufrieden ist und bei den grellen Strahlen der Sommersonne mehr Chlorophyll durch Oxydation verliert, als durch den Reduktionsprozeß gebildet wird. Über das Vergilben der Blätter von *Ilex aquifolium* an der Sonne berichtet H. Foerster[4]). Im Schatten stehende Pflanzen blieben grün, ebenso die im Winter im Schnee steckenden Blätter, die im Sommer oder Winter der Sonne ausgesetzten wurden gelb. Die Zersetzung des Chlorophylls durch Sauerstoffaufnahme (die übrigens auch bei Gegenwart von Körpern, die leicht Sauerstoff aus der Luft aufnehmen

[1]) Reinke, L., Untersuchungen über die Einwirkungen des Lichtes auf die Sauerstoffausscheidung der Pflanzen. Bot. Zeit. 1883, Nr. 42ff.

[2]) Famintzin, Effet de l'intensité de la lumière etc. Bull. Ac. imp. sc. St. Pétersb. XXVI (1880) s. S. 296—314; vgl. Bot. Centralbl. 1880, S. 1460.

[3]) Pfeffer, Arbeiten d. Bot. Instituts zu Würzburg, herausgeg. v. Sachs. Heft I.

[4]) Foerster, H., Einiges über *Ilex Aquifolium L.* im Bergischen Lande und seinen angrenzenden Gebieten. Mitt. d. Deutsch. Dendrol. Ges. 1919, S. 66—69 (1920).

und ozonieren [Terpentinöl], im Dunkeln stattfindet) ist bekanntlich an bestimmte Strahlengattungen gebunden. Nach Wiesner zeigen die gelben und die beiderseits benachbarten grünen und orangen Strahlen die größte Energie in der Zerstörung des Chlorophylls am Lichte.

Bei Tropenpflanzen beobachtete Ewart[1]) ein völliges Bleichen des Chlorophyllkorns infolge von Lichtüberschuß. Wenn der Lichtreiz über das spezifische Optimum sich steigert, hält zunächst noch die optimale und maximale Gasentwicklung kurze Zeit an; aber dann tritt ein Ermüdungszustand ein[2]). Dauert diese Überreizung nicht zu lange, kann die Pflanze wieder ihre normale Tätigkeit zurückerhalten. Die Überreizung kann auch schon bei unseren gewöhnlichen Lichtverhältnissen eintreten, wenn eine Pflanze ihrer Natur nach zu den Schattenpflanzen gehört. Ein hübsches Beispiel dafür bringt Weiss[3]) bei *Polypodium vulgare*, einer ausgesprochenen Schattenpflanze, gegenüber *Oenothera biennis*, die eine ausgeprägte Sonnenpflanze ist. Letztere produzierte bei günstiger Temperatur im direkten Sonnenlicht ungefähr dreimal so viel Kohlensäure wie im diffusen Licht, während erstere im diffusen Licht energischer assimilierte.

Bemerkenswert ist auch die verschiedene Widerstandsfähigkeit des Chlorophylls wenigstens gewisser Sonnen- und Schattenpflanzen gegen die Zersetzung durch Licht. Alkoholische Lösungen aus Schattenpflanzen, dem Sonnenlicht ausgesetzt, bräunten sich sehr schnell, während die aus Sonnenpflanzen grün blieben. Es muß also hier die chemische Zusammensetzung des Chlorophylls verschieden sein (Gautier)[4]).

Das bekannteste Beispiel des Absterbens von Blättern durch zu intensives Licht bietet wohl *Aspidistra* (*Plectogyne*) *elatior*. Diese verbreitete Blattpflanze, die ein Bewohner des schattigen Urwaldbodens ist und den Gärtnern auch dadurch bekannt ist, daß sie zu denen gehört, die sich kaum zu schnellerer und stärkerer Produktion anreizen lassen, wird oft von Laien aus dem schattigen Zimmer, in dem sie meist ihre besten Lebensbedingungen findet, und wo sie die denkbar größte Unempfindlichkeit gegen Störungen zeigt, an sonnige Fenster, auf Balkone usw. gebracht, wo sie, sobald die Sonne sie ungehindert trifft, bald alle Blätter vergilben und eintrocknen läßt. — Auch andere Pflanzen tropischer schattiger Wälder verhalten sich in der Kultur ähnlich.

Für die Wurzeln, die an Dunkelheit gewöhnt sind, wird diffuses Tageslicht schon wachstumhemmend wirken können, wie dies Kny bei Lupinen, Saubohnen und Brunnenkresse fand[5]). Dabei beobachtete er an Lupinen gewöhnlich eine Verminderung des Dickenwachstums und eine Verzögerung in der Ausbildung des Zentralzylinders, wenn das Längenwachstum sich steigerte.

Eine sehr ausgesprochene Wachstumshemmung bei Anwendung von Röntgen- und Radiumstrahlen geht aus den Arbeiten von Dixon,

[1]) Ewart, A. J., The effects of tropical insolation; vgl. Justs Jahresb. 1899, 1, S. 87.

[2]) Pantanelli, Enrico, Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung belichteter Pflanzen von äußeren Faktoren. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXIV (1903), S. 167.

[3]) Weiss, Fr., Sur le rapport entre l'intensité lumineuse et l'énergie assimilatrice chez les plantes appartenant à des types biologiques différents. Compt. rend. Paris CXXXVII (1903), p. 801.

[4]) Vgl. Warming-Graebner, Lehrbuch d. ökol. Pflanzengeogr., 3. Aufl., S. 27.

[5]) Kny, A., Über den Einfluß des Lichtes auf das Wachstum der Bodenwurzeln. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXVIII (1902), S. 421.

Dixon und Wigham, Joseph und Prowazek, Max Koernicke, Hans Molisch und anderer hervor[1]).

Bei Erbsenwurzeln wurde eine abnorme Verdickung und eine runzliche Oberfläche beobachtet, die augenscheinlich auf innere Spannungsdifferenzen zurückzuführen sind. Es kommen Kontraktionen dadurch zustande, daß die Zellen des inneren Rindenparenchyms ihren radialen Durchmesser vergrößern, während sie in longitudinaler Richtung kürzer werden. Bei anderen Versuchen mit Wicken und Saubohnen sah man die Wurzeln sich braun färben und auch im Wachstum stillstehen. Aber nach 8—10 Tagen wuchsen sie weiter, nachdem sie die äußerste Spitze in Form einer braunen Kappe abgestoßen und unmittelbar dahinter eine neue Wurzelspitze gebildet hatten. Darauf entstanden normale Seitenwurzeln. An den chlorophyllführenden Organen sind die Wachstumshemmungen geringer; es ist bei Keimpflanzen ein Stillstand in der Verlängerung, aber kein Absterben beobachtet worden; die Blätter wurden etwas kleiner als bei normalen Exemplaren. Heliotropische Krümmungen konnte Dixon[2]) bei jungen Kressenkeimlingen in 1 cm Entfernung von einer Glasröhre mit 5 g Radiumbromid nicht wahrnehmen.

Daß bei greller Sonnenbeleuchtung, wie z. B. bei der erwähnten *Aspidistra*, die Pflanzenteile manchmal nicht bloß vergilben, sondern auch sich bräunen und absterben[3]), ist eine spezifische Lichtwirkung und nicht eine Folge zu großer Temperaturerhöhung; dies geht daraus hervor, daß Chlorophyll bei Temperaturen von — 30 bis + 100° unverändert[4]) bleibt und andererseits, daß die Zerstörung stattfindet bei Strahlen kürzerer Wellenlänge, welche auch auf die Wachstumsvorgänge und Protoplasmabewegungen am meisten influieren.

Die durch Kupferoxydammoniak gegangenen Strahlen eines konzentrierten Sonnenbildes töten manchmal schon nach wenigen Minuten, während dasselbe Lichtquantum nach dem Durchgange durch eine (nur das äußerste Rot durchlassende) Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff kaum oder erst sehr spät eine Störung hervorbringt[5]). In diesem roten Lichte aber tritt gerade eine intensive Erwärmung hervor, in dem blauen nicht.

Zu den auf Lichtüberschuß beruhenden Erscheinungen gehört auch die Entstehung der Schattenbilder, d. h. von intensiv grünen Zeichnungen beschattender Organe auf einer grell beleuchteten Blattfläche. Es braucht hierbei keine Zerstörung des Chlorophyllapparates stattzufinden, sondern es vollzieht sich nur eine Veränderung der Lage der Chloroplasten.

Die Beobachtungen von Böhm, Famintzin, Borodin, Stahl, Frank und anderen beweisen, daß bei einer für das spezielle Bedürfnis einer Pflanze zu hohen Sonnenbeleuchtung eine Wanderung der Chlorophyllkörner von der der Oberfläche des Blattes parallelen Zellwand nach den rechtwinklig dazu stehenden Wänden sich einstellt. Die Chloroplasten

---

[1]) Seckt, Hans, Die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die Pflanze. Sammelreferat. Naturwiss. Wochenschrift 1906, Nr. 24.

[2]) Dixon, Henry, Radium and plants. Nature, London LXIX (1903—4), S. 5; vgl. Justs Bot. Jahresber. 1903, 2, S. 567.

[3]) Böhm, Versuchsstationen 1877, S. 463.

[4]) Wiesner, Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls. Festschrift 25 jähr. Bestehen Zool. Bot. Ges. Wien. 1876, S. 21; vgl. Bot. Jahresber. 1876, S. 728.

[5]) Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot. XII (1879), S. 336.

gehen von der Epistrophe in die Apostrophe über und bewirken dadurch die lichtere Färbung des zu stark besonnten Teiles.

Eine weitere, leicht zu machende Beobachtung ist das Auftreten einer Rotfärbung bei zu starker Belichtung, wenn man grüne Blätter von Pflanzen mit roter Herbstfärbung, z. B. Süßkirschen, mit der Unterseite nach oben kehrt. Ebenso sieht man bei vielen Pflanzen, namentlich solchen mit fleischigen Blättern, eine ausgeprägte Braunrotfärbung auftreten, wenn sie im Frühjahr aus den beschatteten Glashäusern an einen freien, sonnigen Standort gebracht werden. Molisch[1]) hat solche Fälle untersucht. Bei *Aloe* und *Selaginella* wies er nach, daß nicht etwa Anthozyan in den Zellen ausgebildet wird, sondern daß die Chloroplasten selbst sich rot färben und bei Verdunkelung wieder grün werden. Bei *Selaginella*-Arten wurden ebenfalls durch Karotin gefärbte, rote oder rotbraune Chromoplasten beobachtet, namentlich oberhalb einer Knickstelle.

Der wirtschaftlich wichtigste, für die Hygiene bedeutsamste Vorgang aber besteht in der zerstörenden Wirkung des Sonnenlichtes auf pathogene Pilze und namentlich auf Bakterien. Pfeffer[2]) sagt: „es scheint, daß sämtliche pathogenen Bakterien durch eine genügende Insolation getötet werden."

Daß ähnlich dem Sonnenlichte auch das künstliche Licht wirkt, zeigen beispielsweise die Versuche von Dixon und Wigham[3]) mit Radiumstrahlen. Die mit *Bacillus pyocyaneus*, *B. typhosus*, *B. prodigiosus* und *B. anthracis* angestellten Kulturen ließen erkennen, daß die β-Strahlen des Radiumbromides eine deutliche Wachstumshemmung hervorriefen. Nachdem 5 mg Radiumbromid 4 Tage hindurch in der Entfernung von $4^1/_2$ mm auf die Bakterien eingewirkt hatten, war ihr Wachstum aufgehoben, wenn sie auch noch nicht getötet waren.

Vierte Abteilung.

Wunden.

Neuntes Kapitel.

Wunden an Stämmen und überjährigen Zweigen.

Allgemeines.

So verschiedenartig die zufällig oder absichtlich dem Baumstamm zugefügten Verwundungen auch sind, so übereinstimmend ist im wesentlichen bei allen der Heilungsprozeß.

Wir sehen, daß in allen Fällen, in denen die Verwundung der Achse so weit geht, daß der Holzkörper an der Bildung der Wundfläche beteiligt ist, das zwischen Holz und Rinde liegende Kambium, welches bei unge-

---

[1]) Molisch, H., Über vorübergehende Rotfärbung der Chlorophyllkörner in Laubblättern. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XX (1902), S. 442.

[2]) Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., II. Teil, S. 319.

[3]) Dixon, Henry H. and Wigham, J., Action of Radium on Bacteria. Nature, London LXIX; (1903—4), S. 81; vgl. Justs Jahresber. 1903, II, S. 567.

störter Entwicklung das Dickenwachstum des Stammes vermittelt, sowie die aus dem Kambium unmittelbar hervorgegangenen, jungen Gewebeelemente (— die wir im folgenden mit in die Bezeichnung „Kambium" hineinziehen —) es sind, welche die Heilung der Wundfläche des ausgewachsenen Stammteils allein übernehmen. Bei krautartigen Stämmen oder noch krautartigen Entwicklungszuständen holziger Achsen können auch andere Gewebeformen sich an der Wundheilung beteiligen, wie bei Besprechung der einzelnen diesbezüglichen Fälle später gezeigt werden wird.

Die Bildungen aber, welche aus dem Kambium bei der Wundheilung hervorgehen, weichen in ihrem Bau wesentlich von dem des normalen Holzringes ab. Die Ursache dieses abweichenden Baues des Wundholzes[1]) ist darin zu suchen, daß die Druckverhältnisse, unter denen das zur Wundheilung dienende Gewebe entsteht, gänzlich andere als bei der Bildung des normalen Holzkörpers sind.

Anlehnend an die Untersuchungen von G. Kraus mag zunächst daran erinnert werden, daß jeder Stamm und Zweig durch das verschiedene Wachstum seiner einzelnen, miteinander verbundenen Gewebeformen bedeutende Spannungen in seinem Innern besitzt. Die von Hofmeister[2]) begonnenen, von Sachs[3]) erweiterten und von Kraus[4]) besonders umfassend durchgeführten Experimente über die Gewebespannung haben bewiesen, daß das Längenwachstum jedes Achsengliedes (Internodium) unserer Bäume von zwei Faktoren geregelt wird.

Das zentrale Gewebe des Sprosses, speziell das Mark, ist der streckende Faktor[5]) (vgl. S. 660), das in die Höhe treibende Gewebe des Sprosses; es wird in seinem ganz bedeutenden, bei der Trennung von dem übrigen Gewebe recht deutlich hervortretenden Streben, sich zu verlängern und das umgebende Gewebe mit in die Höhe zu ziehen, gemäßigt und zurückgehalten durch den Zug, den die sehr elastisch gewordenen, peripherischen Gewebepartien des Rindenkörpers ausüben. Diese verkürzen sich, wenn man sie isoliert; sie verkürzen sich auch in ihrer natürlichen Lage am Baume regelmäßig des Nachts durch radiale Schwellung infolge einer Aufnahme von Wasser[6]).

Solange der Sproß also wächst, entwickelt sich eine bedeutende Längsspannung durch den Kampf der streckenden Gewalt des Markes mit dem Bestreben der Umgebung, zumal des Rindenkörpers, sich und das umliegende Gewebe zusammenzuziehen. Der Erfolg des Kampfes dokumentiert sich auch in der Länge der Markzellen innerhalb eines Internodiums. Die Zellmessungen haben gezeigt, daß die Markzellen anfangs länger sind als später, und daß mit ihrer späteren Verkürzung eine sehr starke Verbreiterung

[1]) Küster, E. (Pathol. Pflanzenanatomie, S. 173ff.) zählt das Wundholz folgerichtig zu den Erscheinungen der Hyperplasie und untersucht (S. 174ff.) besonders „Histologische Zusammensetzung und Faserverlauf im Wundholz". Vgl. dort auch S. 185ff. (mit Fig. 73) den Wundkork, auch Frank, Krankh. d. Pflz., 2. Aufl., I, S. 61ff.

[2]) Hofmeister, Über die Beugung saftreicher Pflanzenteile durch Erschütterung. Ber. d. Kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. 1859, S. 194.

[3]) Sachs, Experimentalphysiologie, S. 465—514.

[4]) Kraus, Gregor, Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen. Botan. Zeit. 1867, Nr. 14ff.

[5]) Schon Hales adoptiert nach Kraus (a. a. O., S. 141) die von Borelli in seinem Buche „de motu animalium" geäußerte Ansicht, „daß der junge Sproß wächst und sich streckt durch Ausdehnung der Feuchtigkeit in dem schwammigen Mark".

[6]) G. Kraus, Über die Verteilung und Bedeutung des Wassers bei Wachstums- und Spannungsvorgängen in der Pflanze. Bot. Zeit. 1877, S. 595.

verbunden ist. Diese Verbreiterung ist die Folge des endlichen Überwiegens des peripherischen Zuges. Mit der Vollendung des Längenwachstums des Internodiums tritt die Querspannung in den Vordergrund.

Es ist leicht verständlich, daß nach Beendigung des Längenwachstums eines Pflanzenteils andere Spannungen eintreten müssen, wenn man bedenkt, daß der fertig gestreckte Stammteil sich jetzt dauernd verdickt und daß diese Verdickung von der Umwandlung der zwischen Rinde und Holz liegenden Kambiumzellen zu neuen Holz- und Rindenelementen herrührt.

Wenn im folgenden Jahre der einjährige Sproß neue Holzlagen auf die vorjährigen schichtet, müssen diese neuen Holzlagen sich Platz unter dem Gürtel, den die Rinde und deren äußere Korkschichten bilden, zu verschaffen suchen. Platz ist aber nur zu gewinnen durch Auseinanderpressung des Rindenmantels, der jedoch nicht widerstandslos nachgibt. Dieser Widerstand macht sich geltend als Druck, und so finden wir während des Dickenwachstums eines Sprosses das zarte Gewebe des Kambiums gepreßt auf der einen Seite durch das Ausdehnungsbestreben des fertigen und jungen Holzkörpers, gedrückt auf der Außenseite durch den schnürenden Einfluß des nur sehr starken Kräften nachgebenden Rindenmantels.

Unter diesem zweifachen Drucke bilden sich aus dem Kambium die Elemente des Holzkörpers, nämlich die langgestreckten, dickwandigen, inhaltsarmen oder schließlich inhaltslosen Holzzellen sowie die Gefäße und gefäßähnlichen Zellen.

Durch die Untersuchungen von de Vries[1]) ist nun experimentell festgestellt worden, daß das Holz um so engzelliger (und gefäßärmer) wird, je größer der Rindendruck ist. de Vries erhöhte durch Umlegung eines festen Bandes den schnürenden Einfluß des Rindenmantels und lockerte bei anderen Exemplaren künstlich den Druck der Rinde durch Längseinschnitte in dieselbe. Dadurch gelang es ihm, wie schon Sachs[2]) vermutete, die Entstehung der Jahresringe durch den im Laufe des Jahres regelmäßig wechselnden Rindendruck zu erklären[3]).

Der Rindendruck ist im Frühjahr zur Zeit, wo das Holz durch Wasseraufnahme am stärksten gequollen ist, sehr groß, wie durch die um diese Zeit stattfindende Entstehung neuer Rindenrisse und die Erweiterung der schon vorhandenen bemerkbar wird. Während der Blattentfaltung verliert das Holz einen großen Teil seines Wassers durch Verdunstung; es zieht sich mehr zusammen, und der Druck der nun einmal schon erweiterten Rinde wird geringer, mithin die zu dieser Zeit kenntliche Bildung weiterer Holzzellen erklärbar. Je mehr sich aber nun im Laufe des Sommers neues Holz unter der Rinde bildet, desto größer wird dessen Innendruck auf dieselbe; gleichzeitig verlieren die Rindenschichten durch Trockenheit einen Teil ihrer Dehnbarkeit, und ihr Widerstand gegen den Innendruck

---

[1]) Hugo de Vries, Über den Einfluß des Rindendruckes auf den anatomischen Bau des Holzes. Flora 1875, Nr. 7. — Sanio, Bot. Zeit. 1863, S. 393.

[2]) Sachs, Lehrbuch d. Bot., I. Aufl. (1868), S. 409.

[3]) Die später veröffentlichten Untersuchungen von Krabbe (Sitzungsbericht d. Akad. d. Wissensch. z. Berlin, 14. Dez. 1882; vgl. Bot. Zeit. 1883, S. 399). Über die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahresringe und zur Ablenkung der Markstrahlen, kommen zu dem Resultat, daß dem radialen Rindendrucke wegen seiner Geringfügigkeit kein Einfluß auf die Jahresringbildung zuzuschreiben sei. Sorauer hält indes die gehandhabte Methode nicht für vorwurfsfrei, so daß er Zweifel in die Richtigkeit der Resultate setzen möchte.

des Holzes wird um so größer. Unter solchen erhöhten Druckverhältnissen sehen wir das eng- und breitzellige, dickwandige Herbstholz entstehen.

Die so bedingte, regelmäßige Schichtung des Holzkörpers aus weitem Frühjahrsholz und engem Herbstholz ist nur ein spezieller Fall des durch de Vries bewiesenen Gesetzes, daß Erhöhung des Rindendruckes engzelliges, Lockerung der Rinde dagegen weitzelliges Holz erzeugt.

Wie man sich aber durch Zählung der Zellen nach künstlicher Lockerung leicht überzeugen kann, wirkt diese Lockerung nicht nur auf die Ausbildung, sondern auch auf die Vermehrung der Kambiumzellen. Je geringer der Rindendruck ist, desto größer ist die Zahl der Zellteilungen in der Richtung des Stammradius, desto größer ist auch die Streckung der einzelnen Zellen und Gefäße in radialer und tangentialer, desto geringer aber in longitudinaler Richtung. Diese Veränderung in den Dimensionen steigert sich in dem Maße, daß wir endlich an solchen Stellen, an denen der Rindendruck fast ganz aufgehoben ist, die dickwandigen, langgestreckten Holzzellen in kurze, parenchymatische Zellen übergehen sehen. Dabei fällt die Differenzierung des Gewebes in Zellen und Gefäße fort; es bildet sich nur noch ein gleichmäßiges Parenchymholz.

Eine Arbeit von Gehmacher[1]) beschäftigt sich mit dem Einfluß des Rindendruckes auf den Bau der Rinde selbst. Seine Untersuchungen führen zu dem Schlusse, daß, je größer der Druck, desto weniger Korkzellen gebildet werden und umgekehrt; ebenso wechselt der radiale Durchmesser der einzelnen Zellen. Die Zellen des primären Rindenparenchyms erscheinen nicht nur radial, sondern auch seitlich zusammengedrückt, also eckiger, während die unter geringem Druck entstandenen kugeliger sind und bedeutend größere Interzellularräume (die bei starkem Druck fast ganz verschwinden können) zwischen sich haben. Die Bastfasern sollen bei Druckverminderung an Zahl bedeutend zunehmen und bei Erhöhung des Rindendruckes bis zum Verschwinden abnehmen.

Als eine Folge des Rindendruckes sieht Nördlinger[2]) auch die Entstehung der wellenförmigen statt der regelmäßig kreisrunden Peripherie des Holzkörpers an. Da, wo der Holzkörper eingebuchtet ist, erscheint die Rinde häufig dicker. Vorzugsweise sollen es die stark entwickelten Steinzellgruppen sein, welche von der Rinde auf das Kambium gepreßt werden und die ihnen gegenüberliegende Stelle des Holzkörpers im Wachstum hemmen.

Wenn wir jetzt dem Umstande, auf den Kraus[3]) aufmerksam macht, Rechnung tragen, daß aus dem unter großem Rindendruck stehenden Zellgewebe ein Teil des Zellinhalts schneller hingepreßt werden dürfte nach jenen Regionen, in denen der Rindendruck geringer ist, dann darf es uns nicht wundernehmen, wenn in dem lockeren Parenchymholz, das infolge des aufgehobenen Rindendruckes sich aus dem Kambium gebildet hat, sich eine große Menge Reservestoffe aufgespeichert finden. Auch für das neu zuströmende Baumaterial ist die weitlumige, dünnwandige Parenchymholzzelle der am leichtesten erreichbare Ablagerungsherd.

---

[1]) Gehmacher, A., Untersuchungen über den Einfluß des Rindendruckes. Sitzungsbericht d. Wiener Akad. d. Wissensch., LXXXVIII, Abt. I, Juli 1883, mit Tafeln; vgl. in Botan. Centralbl. 1883, Nr. 47, S. 228.

[2]) Nördlinger, Wirkung des Rindendruckes. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen. Wien, Oktoberheft 1880, S. 407.

[3]) a. a. O., S. 138.

Darum sehen wir dort, wo der Holzzylinder statt der prosenchymatischen Elemente parenchymatisches Gewebe bildet, meist (mit Ausnahme der jungen Kalluswülste) dasselbe eine große Zeit des Jahres hindurch reich mit Reservestoffen, und zwar bei unseren Bäumen mit Stärke, erfüllt.

Die sämtlichen Wunden des Baumstammes schließen eine Rindenlockerung ein; mithin muß das Holz, das bei der Heilung der Wunde gebildet wird, in seinem Bau um so mehr von dem normalen Holze abweichen und um so mehr den Charakter des Parenchymholzes annehmen und behalten, je geringer durch die Verwundung der Druck des Rindengürtels auf das Kambium gemacht wird, und je länger diese Lockerung erhalten bleibt.

Wir haben bei den Krebswunden gesehen, wie dieser lockere Bau des Wundrandes immer wieder Ursache zu neuer Lockerung der Rinde, zu neuer, wuchernder Produktion lockeren Gewebes und zur endlichen Erschöpfung des Astes durch diese Produktion wird.

Jeglicher Überwallungsrand, der sich bei einer offenen Wunde des Stammes bildet, beginnt also mit der Bildung kurzzelliger, weitlumiger (mit weitem Innenraum versehener) Holzelemente, die sich, scharf abgegrenzt, auf das normale, bloßgelegte Holz lagern. In dem Maße, als die Überwallungsränder sich vergrößern, der Rindendruck somit stärker wird, gehen auch die Holzelemente allmählich in den normalen Bau über, und wenn endlich die Überwallungsränder miteinander verschmelzen und die Rinde wieder zu einem gleichmäßig zusammenhängenden Gürtel am Stamme oder Zweige wird, stellt sich auch die normale Höhe des Rindendruckes wieder ein und damit die normale Richtung der Holzzellen und Gefäße: Es lagert sich nun wieder alljährlich normales Holz über die geschlossene Wunde.

Die Untersuchungen von Rudolf Friedrich[1]) haben eine Bestätigung der von Zaleski und Hettlinger gemachten Beobachtung ergeben, daß an der Wundstelle eine Eiweißzunahme stattfindet. Außerdem aber fand Friedrich, daß sowohl bei unterirdischen Speicherorganen als auch bei Früchten und Blättern sich als gemeinsame Folgeerscheinungen der Verletzungen eine Abnahme der Kohlehydrate und eine Zunahme der Azidität (mit Ausnahme der Zwiebel) einstellen. Betrachtet man mit Ad. Mayer die Säuren als Verbrennungsprodukte der Zuckerarten, so erklärt sich die gesteigerte Azidität durch das lebhaftere Atmungsbedürfnis des verletzten Organs. Die Abnahme der Kohlehydrate wird sich zum Teil in der Weise deuten lassen, daß dieselben zur Eiweißsynthese verbraucht werden. Als fernere Reaktionen auf den traumatischen Reiz dürfte auch eine entsprechende Abnahme der Amide bzw. der Amidosäuren anzusehen sein, die zum Aufbau des Eiweißmoleküls Verwendung finden würden. Bei der Kartoffel wurden die kleinsten Stärkekörner verbraucht und Zuckerbildung eingeleitet. Über die Bildung von Wundhormonen usw. vgl. namentlich die neueren Arbeiten von Haberlandt[2]) u. a.

Biegen der Zweige.

Als ein spezielles Hilfsmittel der Zwergobstkultur kommt das Biegen der Zweige vielfach zur Anwendung. Die Erfahrung zeigt, wie schon oben

[1]) Friedrich, R., Über die Stoffwechselvorgänge infolge der Verletzung von Pflanzen. Centralbl. f. Bakteriologie usw., II, XXI, S. 330.

[2]) Haberland, G., Verhandl. Preuß. Akad. Wiss. Berlin.

S. 239ff. bei der Besprechung des künstlichen Zwergwuchses erwähnt wurde, daß Triebe, welche senkrecht in die Höhe wachsen, sich am schnellsten und kräftigsten entwickeln, und daß ihr Längenwachstum um so mehr verlangsamt wird, je mehr der Zweig von der Vertikalen nach der Horizontalen hin geneigt wird. Dieselbe Verlangsamung des Spitzenwachstums zeigt sich aber auch, wenn Zweige künstlich gebogen werden, woraus zu erkennen ist, daß die Biegung an sich den hemmenden Einfluß ausübt.

Eine äußerlich wahrnehmbare Wunde entsteht bei vorsichtiger Ausführung der Manipulation nicht; man gewahrt nur an der Oberseite eine etwas größere Straffheit, an der Unterseite eine Faltung der Rinde.

Durch das Biegen wird die Ausbildung der Augen beeinflußt, indem die unterhalb der Biegungsstelle stehenden Knospen stärker anschwellen und nicht selten vorzeitig austreiben. Der Erfolg hängt davon ab, wenn und in welcher Höhe ein Zweig gebogen wird. Je näher sich die Biegungsstelle der Zweigspitze befindet, desto geringer die innere Verwundung,

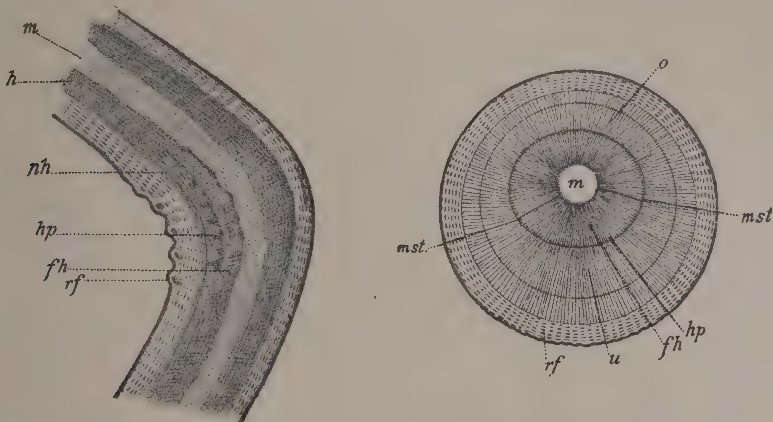


Abb. 191. Künstlich gebogener Apfelzweig im Längs- und Querschnitt. (Orig. Sorauer.)

desto geringer aber auch der gewünschte Erfolg. Bei einer Krümmung des Zweiges an seiner Basis werden die zur Streckung angeregten Augen nur Triebe von geringer Länge entwickeln; letztere zeigen dann Neigung, sich zu Fruchtholz umzuwandeln.

Eine innere Verletzung der Achse tritt auch bei sorgfältiger Biegung auf.

Die Faltung der Rinde ist auf Abb. 191, *A*, *rf* und *B*, *rf* angedeutet. Man findet zunächst schon bei der Betrachtung mit bloßem Auge im Längsschnitt (*A*, *h*) und im Querschnitt (*B*, *u*) eine Holzanschwellung auf der Unterseite unterhalb einer mattbräunlichen, an der Biegungsstelle verbreiterten Zone (*hp*). Der Rindenkörper zeigt außer der Faltung keine so wahrnehmbare, gleichmäßig zunehmende Verdickung.

Das Dickenverhältnis der Unterseite zur Oberseite der Rinde ist bei dem hier gezeichneten Apfelzweige wie 50 : 42, während die Unterseite des Holzkörpers sich zur Oberseite verhält wie 2 : 1. Der Markkörper (*m*) erscheint im Längsschnitt, besonders in der unteren Hälfte, schwach bräunlich gestreift. Unter dem Mikroskop erweisen sich viele der oft in wellige Reihen geordneten Zellen des Markes und der Markkrone mit bräunlichem

Inhalte und gebräunten Wandungen, welche bei einzelnen Zellen, die der Markunterseite angehören, hier und da eingeknickt sind und an diesen Knickstellen durch neu entstandene Interzellularräume voneinander getrennt sind (Abb. 194). Dieselbe Lockerung zeigen diese Zellen auch im Querschnitt.

Die Störungen der Rinde lassen sich am leichtesten in den vorspringenden Falten der Unterseite (Abb. 191, *rf*) erkennen. In solchen, durch das Biegen vom Holzkörper abgeplatzten Falten zeigen die Bastbündel (Abb. 192, *he*) in der Regel eine starke Krümmung nach außen, entsprechend den peripherischen, durch das Quetschen der Epidermiszellen in bedeutender Dicke entstandenen Korklagen (*k*) samt dem Rindenparenchym (*r*), das durch zahlreiche Lücken (*l*) in unregelmäßige Partien auseinandergerückt ist. In diesen Lücken finden sich einige Zeit nach der Biegung einzelne Brücken radial gestreckter Zellreihen, die durch Verlängerung der noch streckungsfähigen Zellen der jungen Innenrinde entstanden sind.

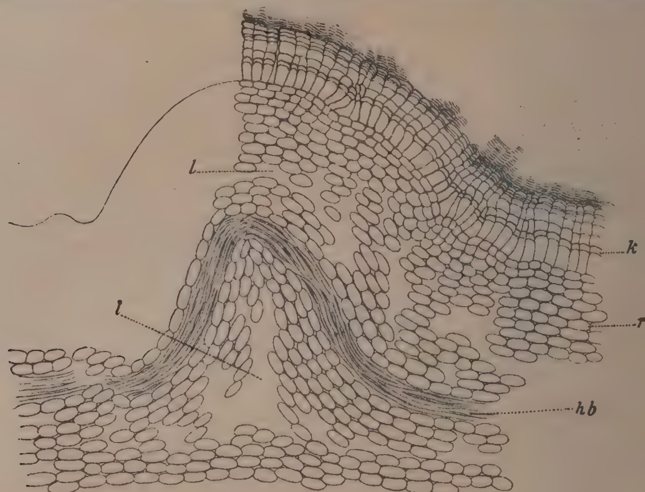


Abb. 192. Rindenfalte von der Unterseite der Biegungsstelle. (Orig. Sorauer.)

Die Biegung ist am vorliegenden Apfelzweige zu Anfang des Sommers, wie dies in der Praxis geschieht, ausgeführt worden. Die Rinde hat sich an den oben beschriebenen Falten in der Kambialregion vom Holzkörper abgehoben. Die Befreiung des Holzkörpers an diesen Stellen vom Rindendruck hat die Bildung eines reichlichen, stärkeerfüllten Parenchymholzes zur Folge gehabt, wie der Längsschnitt durch den Holzkörper (Abb. 193, *hp*) zeigt. Nach Ausfüllung der Lücke und Herstellung des Rindendruckes ist das Parenchymholz allmählich wieder in normales Holz (Abb. 193, *hh*) übergegangen.

Die Ausfüllung der Lücke erfolgte hier nach Verschmelzung der beiden aufeinander zu wachsenden Parenchympartien, die sich in der Mittelzone (*z*) vereinigt haben. Diese gelb gefärbte Zone löst sich bei starker Vergrößerung in einem Streifen stark zusammengepreßter Zellen auf. In anderen Fällen entsteht die Ausfüllung der Lücke auch durch parenchymatische Neubildungen sowohl von der abgehobenen Rindenzone als auch — wie bei Schälwunden — von dem stehengebliebenen jungen Splintgewebe aus. In

allen Fällen beginnen nach der Ausfüllung zunächst Gefäße im Parenchymholz aufzutreten, die allmählich ihre normale Länge und Ausbildung erhalten, von anfangs kürzeren, dünnwandigeren, später normal langen und dickwandigeren Holzzellen begleitet werden und so die normale Holzbildung einleiten.

Nach der Schließung dieser Biegungswunden ist der Einfluß der Biegung aber immer noch weiter durch eine auf der Unterseite stärker

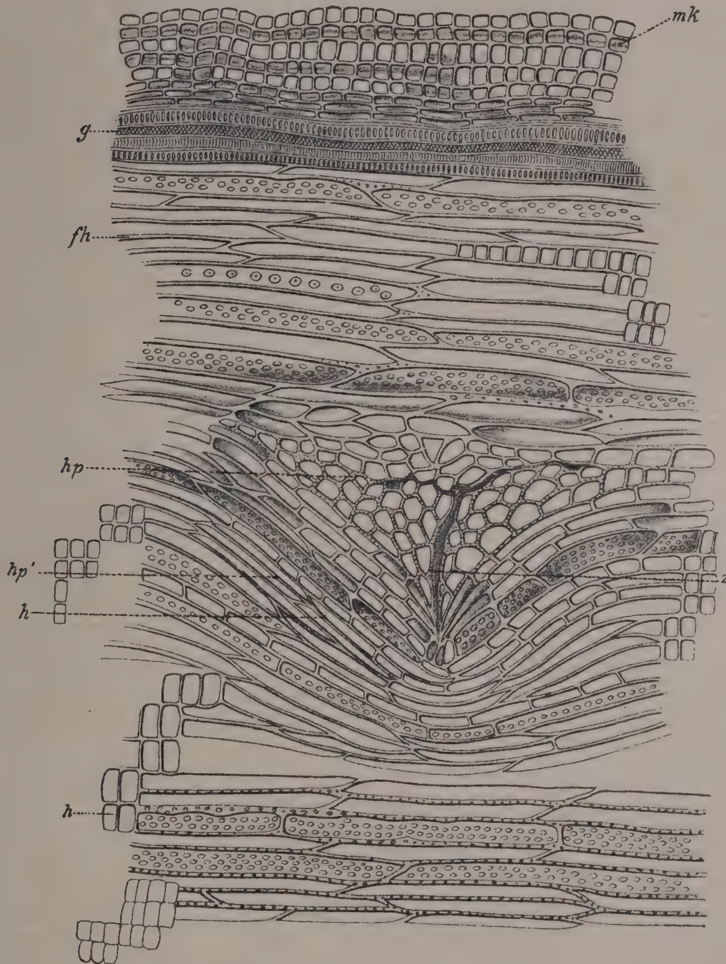


Abb. 193. Längsschnitt durch den Holzkörper innerhalb der Biegung. (Orig. Sorauer.)

als auf der Oberseite stattfindende Holzproduktion bemerkbar. Das neugebildete Holz (Abb. 193, *h*) folgt auf der Unterseite in seiner Lagerung der Wellenform, welche durch den Parenchymholzkegel *hp* bedingt wird. Gegenüber den sparsameren, gleichzeitig entstandenen Elementen der Oberseite der Biegungsstelle sind anfangs die Prosenchymzellen auf der Unterseite kürzer und stumpf mit breiten Wandungen aufeinander stehend. Ferner finden sich auf der Unterseite zunächst reichlicher gefächerte, mit

Stärke erfüllte Holzzellen und Parenchymholzreihen (*hp'*) zwischen den derbwandigen, prosenchymatischen Elementen.

In der Zeichnung sind des beschränkten Raumes wegen größere Gewebepartien weggelassen worden; es fehlt ein Teil des vor der Biegung gebildeten, normalen Holzkörpers sowie ein Teil des nach der Bildung des Parenchymholzes entstandenen, die Biegung ausgleichenden Übergangsgewebes. In Abb. 193 bedeutet *fh* das diesjährige Frühlingsholz, *g* die den Markkörper *mk* begrenzenden Spiralgefäße. Abb. 194 sind *a* die Markzellen, die durch die Biegung gelockert, *b* solche, die unversehrt geblieben sind und aus der oberen Hälfte des Markkörpers stammen.

Wenn man den gekrümmten Zweig von der Biegungsstelle aus aufwärts und abwärts untersucht, so findet man, daß im vorliegenden Falle der Einfluß der Krümmung sich durchschnittlich auf etwa 6—8 cm Länge erstreckt.

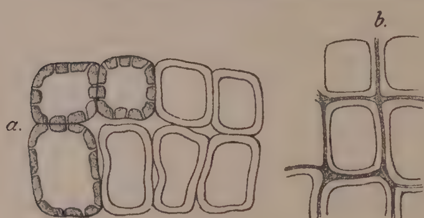


Abb. 194. *a* Markzellen, welche durch die Biegung gelockert, *b* solche, die unversehrt geblieben sind. (Orig. Sorauer.)

Die Messungen des zur Zeichnung gewählten Zweiges ergaben folgendes:

Die Dicke des Zweiges betrug 4,65 mm unterhalb der Biegungsstelle, 5,50 mm innerhalb und 5,06 mm oberhalb der Biegungsstelle. Die Rinde zeigte nach der Spitze hin eine bedeutende Dickenzunahme.

Die Dicke des Holzkörpers vor der Manipulation betrug:

unterhalb der Biegungsstelle	oberseits	62,0 %	des zur Zeit der Messung vorgefundenen, durch Nachwuchs verstärkten Holzzylinders
	unterseits	61,9 %	
innerhalb ,, ,,	oberseits	50,6 %	
	unterseits	35,2 %	
oberhalb ,, ,,	oberseits	67,4 %	
	unterseits	51,4 %	

Der Zuwachs von der Zeit der Biegung bis zur Zeit der Untersuchung betrug:

		an Herbstholz	an Frühlingsholz
unterhalb der Biegungsstelle	oberseits	31,0 %	8,0 %
	unterseits	31,9 %	6,1 %
innerhalb ,, ,,	oberseits	39,0 %	10,4 %
	unterseits	51,8 %	13,4 %
oberhalb ,, ,,	oberseits	28,1 %	5,9 %
	unterseits	27,2 %	21,9 %

Also der Holzzuwachs ist trotz der großen Spannung, die durch das Biegen des Zweiges an der konvexen Seite innerhalb der Biegungsstelle herrschen dürfte[1]), doch auch an der Oberseite verhältnismäßig höher als ober -und unterhalb der gebogenen Stelle. Die Gewebelockerung, welche sich an der Biegungsstelle geltend macht, ist auf der Oberseite nicht mehr weit hinauf kenntlich; dagegen läßt sich dieselbe auf der Unterseite noch bis auf 6 cm nach der Spitze hin verfolgen.

[1]) Über das Zustandekommen der Druckspannung vgl. Ursprung, H., Beitrag zur Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums an Krautpflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XXIV (1906), S. 499. Ferner: Bücher, H., Anatomische Veränderungen bei gewaltsamer Krümmung und geotropischer Induktion. Jahrb. f. wiss. Bot. XLIII (1906), S. 271.

Die Holzzellen sind innerhalb der Biegungsstelle am weitesten; oberhalb derselben sind sie noch weiter als unterhalb. Auf der Zweigunterseite erschienen sie hier weiter als auf der Zweigoberseite.

Je nach der Größe des Bogens, den der Zweig bei der Krümmung beschreibt, sowie je nach der Zeit der Ausführung der Biegung und nach der Spezies, ja selbst je nach der Individualität des Zweiges sind die anatomischen Veränderungen quantitativ wechselnd.

Man hat also in dem Biegen der Zweige ein einfaches Mittel, den Längstrieb zu mäßigen und die Wasserzufuhr auf Augen zu lenken, welche ihrer Lage und Anlage nach wenig zur Weiterentwicklung befähigt sind.

Jaccard[1]) hat eine umfangreiche Studie über gepreßtes Holz veröffentlicht, in der er sowohl die Wirkungen des Druckes auf das tote als auf das lebende Holz untersucht. Er schildert die Linien der Spaltung usw. und die Verschiedenheit der Holzarten je nach ihrem anatomischen Bau. Die Wellenholzbildung ist eine Folge des dauernden Längsdruckes, bei dem Erscheinungen wie bei Krabbes gleitenden Wachstum zur Wirkung kommen. Schließlich fand er als Form einer Druckwirkung eine Art Wundholzbildung im Marke von mehrjährigen Zweigen der Fichte. Die umgewandelte Markzelle zeigte sich in der Markanschwellung an der Basis der einjährigen Triebe.

In allerneuester Zeit hat R. Schwede[2]) eine Studie über die Strukturverhältnisse des Holzes durch Druck veröffentlicht, und zwar an Holz, welches unter gleichzeitiger Erhitzung einem allseitigen Druck ausgesetzt wurde.

Weit energischer und nachhaltiger als das Biegen wirkt in derselben Richtung das

Drehen der Zweige.

Während der Vegetationszeit wird ein zu üppig wachsender Zweig in einer schon verholzten Region zuerst durch halbseitiges Drehen der Gewebe um ihre Längsachse in diesen Partien gelockert, meist dabei auch der Länge nach gespalten und dann an dieser gelockerten Stelle mit seiner Spitze schleifenartig nach unten gebogen, so daß die Spitze des Zweiges in einer nach der Basis gerichteten Lage verbleibt. An der Drehungsstelle gelangt dadurch die Unterseite des Zweiges nach oben, die frühere Oberseite bildet die Innenseite der scharfen Biegung, in welcher der Holzkörper bis zum Mark einbricht.

Ein möglichst übersichtliches Bild der durch die Drehung entstandenen Veränderungen liefert der Längsschnitt durch die knotige, verwachsene, ein Jahr alte Drehungsstelle (Abb. 195). Darin ist *m* der Markkörper, der durch den beim Drehen erfolgten Bruch des Holzes mit gestört worden ist. *h* ist das Holz der jetzigen Oberseite, an dem bei *a* ein Auge sitzt. Durch die Umdrehung der Unterseite zur jetzigen Oberseite ist der Holzkörper vielfach längsspaltig geworden, und die durch die Risse entstandenen

---

[1]) Jaccard, P., Étude anatomique des bois comprimés. Mitt. Schweiz. Centralanst. f. d. fortsl. Versuchswesen X (1910), 1. Heft. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 426ff.

[2]) Schwede, R., Angew. Botanik II (1920), S. 107—112 mit 2 Abb.

Lamellen sind in spiralige Drehung gekommen, was durch *dd* angedeutet werden soll. Die Risse werden zunächst durch Parenchym ausgefüllt, und die allmählich sich wieder schließende Kambiumzone lagert wellige Neuholzschichten (*n*) über die Wunden unterhalb der außerordentlich gespannten, nicht selten durch spiralige Längsrisse hier und da zerklüfteten Rinde (*r*).

Die nach der Drehung zur Unterseite gewordene organische Oberseite zeigt noch größere Störungen. Der in *w* zerbrochene, vom Mark teilweise abgespaltene Holzkörper (*h'*) hat sich durch sehr unregelmäßig bogig gelagerte Partien von Parenchymholz zu einem großen Knoten *u* geschlossen, der bei fortgesetztem Wachstum durch die Neuholzbildungen (*n'*) stetig an Umfang zunimmt.

Daß durch eine derartige Gewebeverletzung die Spitzenernährung des Zweiges gestört werden muß, und daß das als Stärke sichtbare Reservematerial in den parenchymatischen Überwallungspartien der Wundränder den nächstliegenden Augen zum Vorteil gereichen muß, ist leicht einzusehen. Daß neben dieser stärkeren Ernährung auch die unmittelbar unter der Drehungsstelle befindlichen Augen profitieren werden, geht aus dem früher Gesagten ebenfalls zur Genüge hervor.

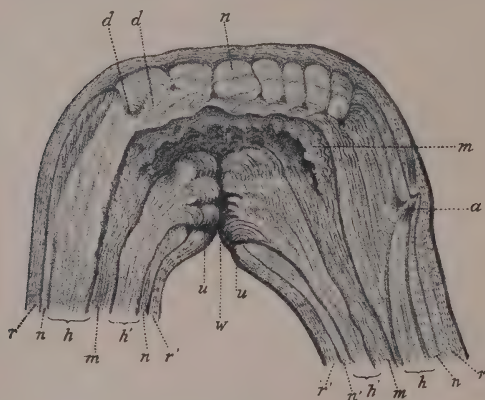


Abb. 195. Ein mit seiner Spitze abwärts gebogener und an der Biegungsstelle um seine Längsachse gedrehter Zweig nach Verwachsung der inneren Verwundungen. (Orig. Sorauer.)

Die Manipulation des Drehens ist, wie bemerkt, ein energischeres Mittel zur Lähmung des Spitzenwachstums eines Zweiges zugunsten der Stärkung basaler Augen, ohne aber dabei das unter der Verwundung liegende, höchste Seitenauge zum sofortigen starken Austreiben zu veranlassen. Nur wenn durch die Drehung die Verletzung der Gewebe so stark ausgefallen ist, daß die Triebspitze auch das notwendigste, durch Verdunstung entweichende Wasser nicht mehr erhalten kann und schnell vertrocknet, namentlich wenn die Manipulation zu früh im Jahre ausgeführt wird, wächst das zunächst unter der Drehungsstelle befindliche Seitenauge zu einem neuen, kräftigen Laubtriebe aus. Dieser Erfolg wird natürlich vom Obstzüchter nicht beabsichtigt. Eine zu spät im Jahre ausgeführte Drehung würde zwar nicht mehr die genügende Wirkung hervorbringen, basale Augen zu Fruchtaugen vorzubereiten, aber doch das Längenwachstum des Zweiges hemmen und das Holz mehr zur Reife bringen, so daß es im Winter besser widersteht.

Bei der Senkervermehrung der Quitten dreht man auch gern den abzusenkenden Zweig um seine Längsachse an der Stelle, an welcher er in der Erde Wurzeln bilden soll. Die Art der Störung ist ähnlich wie bei dem vorerwähnten Falle; der Erfolg insofern ein anderer, als das gehemmte, absteigende, plastische Material vorzugsweise zur Bildung von Adventivwurzeln verwendet wird.

Die deutschen Weinbauer in der Umgegend von Tiflis sollen die

Stiele der reifen Weintrauben drehen und dadurch einen besseren Wein erzielen. Die durch diese Manipulation eingeleiteten Vorgänge werden nach Sorauer folgendermaßen ineinandergreifen. Durch das Drehen des Stiels wird die Wasserzufuhr aus der Rebe in die Traube gemäßigt; infolgedessen erlangt die Verdunstung ein größeres Übergewicht über die Zufuhr, und der Saft der Beeren wird konzentrierter. Was an Stärke etwa noch in den Stielen ist, wird als Zucker nach den Beeren geschickt. Dieselben veratmen dabei auch einen Teil der organischen Säuren. Dieselben Prozesse finden bei dem Nachreifen der abgeschnittenen Trauben statt.

Schneedruck und Eisanhang[1]).

Den Abschnitten über das Biegen und Drehen der Zweige schließt sich am natürlichsten die Wirkung des Schneedruckes und des Eisanhanges an. Soweit nicht beide Belastungen so gering sind, daß nach ihrem Aufhören die von ihnen heruntergezogenen Äste und Zweige wieder annähernd in ihre normale Lage zurückkehren, sondern wenn bleibende Dehnungen der gebogenen Stellen eintreten, sind die Erscheinungen völlig den in beiden vorangegangenen Abschnitten besprochenen ähnlich. Von der einfachen sanften Biegung über die Elastizitätsgrenze des Holzes hinaus bis zur scharfen Knickung, zum Drehen, Spalten oder gar völligen Zerbrechen und Zersplittern kann man nach jeder Schneedruckperiode alle Übergänge finden.

Wie es gewisse Gegenden gibt, die besonders häufig vom Hagel heimgesucht werden, so existieren auch, wenngleich aus anderen Ursachen, namentlich in Gebirgen, bestimmte Gürtel, in denen Verletzungen durch Schneedruck fast alljährlich sich einstellen; oben S. 394 ist der eigenartigen Knollenmaserbildung der sogenannten Zitzenfichten als Folge des regelmäßigen Abwärtsdrückens der Zweige durch Schneedruck in den Gebirgen gedacht worden. Außerdem werden einzelne Lokalitäten in allen Gegenden mit reichlichstem Schneefall als besonders gefährdet betrachtet werden müssen; es sind dies die Bodensenkungen, in welche der Schnee von oben oder von den Seiten hineingeweht werden kann. So schildert W. Nikodem[2]) einen Fall in den Schlesischen Beskiden, wo an den windigen Stellen kein Schaden entstand, in den windgeschützten Stellen ungeheurer Schneebruch an Fichten und Tannen stattfand. Die gleichen Schneemassen wirken aber auch verschieden, je nach der Witterung, bei welcher sie fallen. Ist es sehr kalt und windig, dann sammelt sich selten so viel Schnee in dem Gezweige, daß er Schaden bringen könnte; die Kristalle sind zu fein und kalt, um sich aneinander zu kitten. Wenn dagegen bei weichem, windstillem Wetter der Schnee in großen Flocken fällt und leicht zusammenballt, dann haftet er in großen Massen in den Baumkronen und biegt oder bricht die Äste.

Wenn die Bäume auf Abhängen stehen, bemerkt man zahlreichere Schäden auf den der Windseite entgegengesetzten Abhängen, in denen

---

[1]) Vgl. Bißmann, O., Behandlung und Heilung der durch Rauhreif und Schneedruck beschädigten Obstbäume. Deutsche Obstbauztg. LXVII (1921), S. 31. — Hartmann, Rauhreifschäden an Obstbäumen. Provinzialsächsische Monatsschrift für Obst-, Wein- und Gartenbau XXII (1921), S. 19, 20. — Kammeyer, H. F., Der Schneebruch im Oktober 1919 in Proskau (Oberschlesien). Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. XXIX (1920), S. 311f mit 2 Abb.; vgl. Ref. in Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 26f.

[2]) Waldbeschädigungen durch Wind-, Schnee-, Eis- und Duftbruch. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen 1878, S. 29.

dann ganze Streifen von Bäumen geworfen werden können. Dies zeigt sich als einfache Folge des Schneedruckes, namentlich bei mildem Winterwetter und noch weichem, offenem Boden, während bei stärkerer Kälte der spröde Stamm eher gebrochen wird (Schneebruch). Vorzugsweise der Gefahr des Brechens ausgesetzt sind die wintergrünen Bäume, und unter diesen, wie es scheint, die Kiefer ganz besonders; die zäheren Holzarten, wie Tannen und Fichten, biegen sich mehr unter der Last und richten sich später mehr oder weniger wieder auf. Die Form der Krone und die Herkunft der Formen spielen beim Schneebruch eine große Rolle, wie die Untersuchungen von G. Schotte in Schweden zeigen[1]). Günstiger stehen die Laubhölzer dann da, wenn der Schnee zu einer Zeit massenhaft eintritt, in der sie ihr Laub verloren haben; Eiche und Buche, welche oft das Laub den ganzen Winter über halten, sind gefährdeter wie die anderen Hölzer. Auch hier wird die Sprödigkeit des Holzes für die Art der Beschädigung maßgebend. Bei der Akazie sieht man an älteren Bäumen fast immer Ast- oder Stammbruch; auch Birke und Erle zeigen häufig, namentlich *Betula verrucosa*, Bruch. Für die Fichte beschreibt F. Lagerberg[2]) den Schneebruch und nachfolgende Holzfäule aus Schweden. Bernhardt[3]) macht auch darauf aufmerksam, daß sich die Widerstandsfähigkeit der Baumarten ändert, je nachdem sie einen ihren Ansprüchen angemessenen Standort haben. Für unsere Obstbäume kommt auch die Kronenbildung sehr in Betracht; namentlich bei Äpfeln mit ihren flachen, ausgebreiteten Ästen findet man ein Auseinanderspalten der Kronen.



Abb. 196. Durch Schneedruck niedergelegte Pyramidentaxus im Dahlemer Botanischen Garten. (Orig. Teuscher.)

[1]) Nikodem, Wilh., Schneebruchschäden in den Schlesischen Beskiden. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen XLIII (1917), S. 523—529.

[2]) Lagerberg, Torsten, Snöbrott och toppröta hos granen. Meddel. Stat. Skogsförsöksanst. 1919. Heft 16, S. 115—162 mit Abb.

[3]) Schotte, Gunnar, Om snöskadorna isödra och mellersta Sveriges skogar åren. Meddel. fr. Stat. Skogsförsöksanst. 1916—17, I, Stockh., S. 111—166 mit 14 Abb.

Bei dem in Hochgebirgen häufigen Lawinensturz ändert sich das Bild nach Baumart und Alter der Stämme. Dort, wo nur altes Holz steht, wird dasselbe in verschiedener Höhe gebrochen und wild und regellos durcheinandergeworfen. In Waldungen mit Stämmen verschiedenen Alters werden die jungen Bäume teilweise nur niedergedrückt und eine Zeitlang im Schnee vergraben. Nach der Schneeschmelze richten sich derartige Bäume wieder etwas in die Höhe, bleiben aber in talabwärts geneigter Stellung und wachsen langsam weiter; sie haben meist nur noch auf der nach dem Tale hin gerichteten Seite fortwachsendes Gezweig, da die der rollenden Schneemasse entgegenstehenden Äste abgebrochen werden. In Laubwäldern entwickeln sich durch Wurzel- oder Stockausschlag krüppelige



Abb. 197. Besonders starker Eisanhang an Gehölzen an der Ostseeküste. (Phot. Käthe Meier-Kolberg.)

Büsche, welche das Aussehen haben, als ob sie durch Wildverbiß entstanden wären. Ein ähnliches Bild gibt Heß[1]) von den Buchen im Genttal im Berner Oberlande, wo zahlreiche Lawinenzüge mit Rotbuchen bewachsen sind. Die „Studbuche" ist strauchartig, wächst in undurchdringlichen Beständen mit kriechenden Stämmen bis 3 dm im Durchmesser und knorrigen Ästen.

Eine merkwürdige Verwundung (Durchbohrung) einer Fichte durch ein von einer Staublawine mitgerissenes Buchenstammstück beschreibt Schröter[2]).

[1]) Heß, E., Das Verhalten der Buche im Oberhasli (Berner Oberland). Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen LXIX (1918), S. 73—79 mit 4 Abb. u. 1 Taf.

[2]) Schröter, C., Eine seltene Lawinenwirkung. Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. LXIX (1918), S. 228 mit 1 Abb.

Eisanhang. Die Schädigungen durch Eis, das sich an den Bäumen ansetzt, sind seltener. Eine schnell vorübergehende Inkrustierung durch Glatteis ist meist ungefährlich; indes sind in der Praxis manche Stimmen laut geworden, welche der Auflagerung von Eis auf glattrindigen Zweigen und Stämmen die Entstehung von Brandflecken zuschreiben. Wenn man sich mit Nouel die Entstehung des Glatteises in der Weise vorstellt, daß Regen, dessen Tropfen bereits unter 0° abgekühlt waren, bei dem Auffallen auf die Bäume durch die Erschütterung erstarren, so wird man nicht annehmen können, daß die Kältewirkung des Eises störend wirkt. Meist entsteht Glatteis, wenn der stark abgekühlte Stamm wärmer ist als die feuchte umgebende Luft. Nach den bei künstlichen Frostversuchen gesammelten Erfahrungen ist Sorauer der Meinung, daß der Glatteisüberzug durch Spannungsänderungen im beeisten Gewebe schädlich wirken kann. Nach Laubert[1]) ist der Eisdruck etwa zehnmal so stark wie der Schneedruck.

Von den gewöhnlichen Glatteisbildungen sind zu unterscheiden Eis- und Duftanhang (Rauhreif, Haarfrost), der sich in manchen Gebirgen regelmäßig findet und mit dem Schneedruck zu vergleichen ist. Zur Charakteristik der Erscheinung halten wir uns an eine Darstellung von Breitenlohner[2]), der eingehendere Beobachtungen gemacht hat. Am 27. Januar 1879 stellte sich im Wiener Walde bei völliger Windstille und nebligem Wetter zur Mittagszeit unter zunehmendem Luftdruck und negativer Temperatur bei Wien ein Niederschlag ein, der die Mitte zwischen Sprühregen und Nebelreif hielt und der bald zu Glatteis erstarrte. An den Bäumen, deren Temperatur in allen Teilen unter Null lag, entstand ein einseitiger Eisbelag von 3—5 mm Dicke. Die Periode des stillen Frostes währte im Wiener Walde 5—6 Tage; der Eisanhang blieb 9 Tage und vermehrte sich derart, daß die dünnsten Zweige zur Dicke eines Schiffstaues heranwuchsen und die Buchenstämme brachen, während die Stangenhölzer zu Boden gebogen waren. Da der Boden nur oberflächlich gefroren war, wurden auch Bäume geworfen. Bei Koniferen war die Benadelung der Eisablagerung besonders günstig, und Tannen bildeten Eispyramiden, indem die oft 20 cm Länge messenden Anhänge der oberen Äste an die unteren angefroren waren. Das Vorkommen von Bruch durch Rauhreifanhang bei nebligem Wetter im Erzgebirge, wie er sich ähnlich bekanntlich auch im Riesengebirge usw. bildet, schildert J. Singer[3]).

In den Tieflagen war der Besatz wirkliches, transparentes Glatteis; auf den Höhen dagegen bestand die Hauptmasse mehr aus einem Gemenge von Eis und Duft. Ebenso nahm die Eispartie vom Waldrande nach dem Innern hin allmählich ab, wo der Beschlag weder Eis noch Duft war und ein festes, strahliges Gefüge besaß, um endlich noch tiefer im Walde als typischer Duftanhang aufzutreten, der immer kürzer wurde, je tiefer man in den Wald hineinging. Um sich einen Begriff von der so entstandenen Eisbildung zu machen, welche gleichzeitig auch in Deutschland und Frankreich auftrat, bestimmte man das Gewicht des Eises, das an einzelnen

---

[1]) Laubert, R., Glatteis und Eisbruch. Handelsblatt f. d. Deutschen Gartenbau XXX (1915).

[2]) Breitenlohner, Der Eis- und Duftanhang im Wiener Walde. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik 1879, S. 497.

[3]) Singer, Jos., Über Rauhreif und Duftanhang im Erzgebirge. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, Wien XLIX (1916), S. 161—177, 247—259.

Zweigen hing, und es ergab sich dabei, daß auf einen Gewichtsteil eines blattlosen Zweiges an Eis bei Kirsche 36,7, bei Zerreiche 44,1, bei Rotbuche 85,3, bei der Tanne 31,1, bei Fichte 51,3, bei Kiefer sogar 99,0 Gewichtsteile kamen.

Der Nebel kann auch unter 0° seine Konstitution als tropfbar-flüssiges Wasser beibehalten, da feuchte Winde ausgezeichnete Kaloriferen sind und im Wasserdunste eine Menge Wärme latent mit sich führen, welche bei der fortwährenden Kondensation entbunden wird. Erst wenn das erkältende Agens ein gewisses Maß übersteigt, verwandelt sich der Nebel in Frostdampf, indem die Dunstausscheidung nun aus Eisnadeln (Rauhreif) besteht. Die dem freien Luftzuge ausgesetzten Randbäume wirken als Dunstfang, während im Innern der Schläge die stockende Luft bloß den typischen Dunstanhang sich ausbilden läßt.

Dies wäre also eine Analogie mit dem bei Spät- oder Frühfrost auftretenden Reife, der also nicht als gefrorener Tau aufzufassen ist. Tau ist das kondensierte Wassergas, das sich an den unter dem Taupunkt der Luft durch Strahlung abgekühlten Pflanzenteilen in zusammenfließenden Tröpfchen niederschlägt. Das Wassergas ist meist schon reichlich in der Luft vorhanden; es kann zum Teil, wie Stockbridge[1]) nachweist, während der Sommermonate aus dem in der Nacht wärmer als die Luft sich zeigenden Erdboden ausdampfen. Ist einmal ein starker Tauüberzug vorhanden, so kann derselbe eher als ein Schutzmittel gegen das Erfrieren der Pflanzenteile angesehen werden. Gefriert dieser Tau, so entsteht eine kristallinische Rinde, die identisch mit dem Eisanhange ist. Der Reif dagegen entsteht, wenn der Taupunkt der Luft bereits unter 0° liegt oder dieser Temperaturgrad durch Strahlung und Verdunstung der Pflanzenteile erreicht wird, bzw. die Luft wärmer, die Stämme aber kalt sind (die Stämme „schlagen aus“, s. S. 696). Es fügen sich also die Dunstmoleküle schon in fester, kristallinischer Form aneinander.

Schröpfwunden.

Wohl das einfachste Beispiel für die Gewebeänderungen bei dem Heilungsprozesse einer offenen Wunde finden wir in der Vernarbung der Schröpfwunde. Man versteht unter „Schröpfen“ bekanntlich das Einschneiden in die Rinde in der Längsrichtung des Stammes bis auf den Holzkörper, ohne daß Substanz entfernt wird. Wird ein Baum in dieser Weise geschlitzt, so weichen die Wundränder auseinander (Abb. 198). Natürlich ist am Ende des Schnittes (Abb. 198, *a*) die Entfernung der beiden Wundränder am geringsten; der Heilungsprozeß vollzieht sich dort am schnellsten. Abb. 199 stellt den Querschnitt durch eine geheilte Schröpfstelle eines Süßkirschbaumes am Ende der Schlitzwunde, also aus der Gegend von *a* dar. Wir sehen in *h* das alte Holz, das bei *w* von dem Messer getroffen worden und durch die Einwirkung der Luft einen Teil seiner Gefäße und Holzzellen abgestorben zeigt. Die Kambiumzone *c*, die zur Zeit der Ausführung des Schnittes auf *h* auflag, hat bei dem Heilungsprozeß neue Rinde *nr* und neues Holz *nh* gebildet. Die neu gebildete Holzzone ist aber weder in ihrer Lagerung noch in ihrem Bau dem normalen, unter der unverletzt gebliebenen Rinde entstandenen Holze gleich; sie bildet eine nach außen dreieckig vorspringende Partie, deren höchster Punkt am

[1]) Journal of science I, S. 471; vgl. Naturforscher 1879, Nr. 32.

meisten der durch den ehemaligen Schnitt gebildeten Rinne (*s*) genähert ist. Bedingt wird diese dreieckige Vorwölbung durch die dem weiter seitwärts gelegenen Gewebe voraneilende Entwicklung von Parenchymholz (*hp*). Diese Holzproduktion war die erste Tätigkeit der beiden durch den Schnitt *s* geteilten Kambiumränder. Hier war der Rindendruck am schwächsten, die Zellvermehrung die reichste, die Zellenlängsstreckung die geringste. Erst nachdem die aus der jungen Innenrinde und der Kambiumzone hervorgegangene Neurinde in *s* eine größere Mächtigkeit und durch die neu entstandene Korkschicht derselben (*k'*) größere Widerstandsfähigkeit erlangt hat, ist der Rindendruck allmählich mächtiger, sein Einfluß auf die Holz produzierende Kambiumzone energischer und die Gestalt der Holzelemente allmählich der normalen ähnlicher geworden. Die Partie *hp* geht allmählich in das viel deutlicher durch Markstrahlen (*m*) gefächerte, regelmäßige Holz über. Über die der Änderung der Holzelemente parallel gehende Um-



Abb. 198. Schröpfwunde. (Orig. Sorauer.)

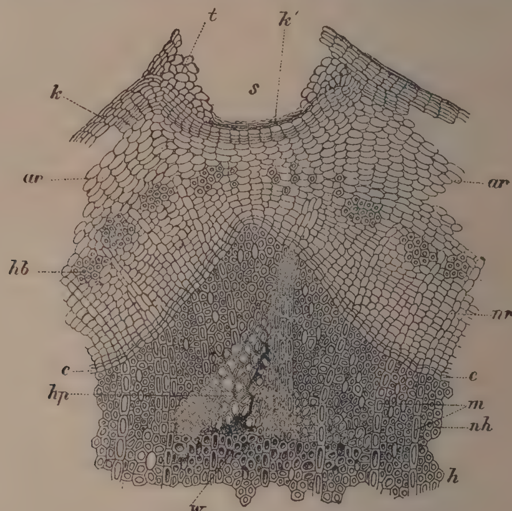


Abb. 199. Verheilte Schröpfwunde. (Orig. Sorauer.)

formung der Rindenelemente wird bei dem Ringelwulst ausführlicher gesprochen werden.

Bei weiterem Wachstum des Stammes lagert die Kambiumzone *c* immer neues, normales Holz und neue Rinde mit Hartbast *hb* über die Wundfläche, und wenn endlich die durch den ehemaligen Schnitt getrennten, alten Rindenpartien *ar* mit ihrer Korkzone *k* und ihren abgestorbenen und durch eine Korkzone vom lebenden Gewebe getrennten Wundrändern (*t*) der Borkenbildung verfallen und abblättern, ist äußerlich die Wundstelle ausgeglichen.

Wenn wir etwas ausführlicher auf die Anfänge des Vernarbungsprozesses eingehen wollen, haben wir Abb. 200 zu betrachten. Dieselbe stellt den Querschnitt durch einen Wundrand einer Schröpfstelle (Abbildung 198, *b*) bei einer Süßkirsche dar zu einer Zeit, in welcher dieser Rand sich mit dem gegenüberliegenden, von der anderen Wundseite kommenden, noch nicht vereinigt hat, die Wundfläche selbst (Abb. 200, *w*) also noch nicht gedeckt ist. Es bedeutet *h* auch hier das alte Holz, daß

bei *w* durch den Schröpfschnitt bloßgelegt worden ist. Der Zug des Messers zur Zeit der Ausführung des Schröpfens ging von *s* nach *w*. Von dieser Ebene des Schnittes hat sich die alte Rinde (*ar*) seitwärts zurückgezogen; es entspricht dieser Teil dem gleichbezeichneten in Abb. 199. Der obere Teil dieser alten Rindenpartie sowie der infolge des Schnittes abgetrocknete Rand (Abb. 199, *t*) sind in Abb. 200 durch die mit *t* bezeichneten Konturen angedeutet, und nur ein Hartbastbündel *hb* ist in das Rindenparenchym *ar* eingezeichnet worden. Zur Zeit der Ausführung des Schnittes lagen die Kambiumzonen *c* und die junge Innenrinde *ir* dicht am alten Holze *h*; die Zellen, welche an die Schnittebene *s* bis *w* grenzten, reagierten nun ver-

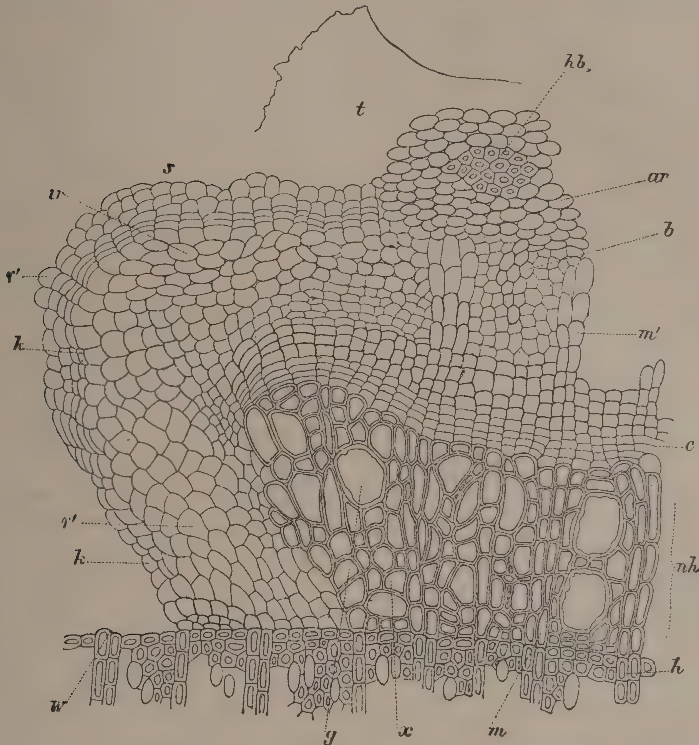


Abb. 200. Entstehender Überwallungsrand bei einer Schröpfwunde. (Orig. Sorauer.)

schieden auf den Wundreiz: das Parenchym der alten Rinde trocknete auf eine kurze Strecke rückwärts zusammen und bildete den braunen, trockenen Wundrand, der, dem bloßen Auge kenntlich, jede Schlitzwunde einsäumt (Abb. 198, *c*). Das noch vermehrungsfähige, in seinem Wachstum noch nicht abgeschlossene Parenchym der inneren Rinde *ir* folgte am Wundrande sofort der Gelegenheit, sich nach derjenigen Seite auszudehnen, an der der Druck weggefallen war, d. h. über die Ebene *s* bis *w* hinaus. Diese Zellen wölbten sich also vor; die aus der Kambiumzone folgenden schoben die ersten Rindenzellen weiter hinaus und bildeten sich in der später nachwachsenden Zone selbst zu Chlorophyll führenden Rindenzellen *r'* aus, und auf diese Weise entstand zuerst der weiche, parenchymatische Wundrand *r' ir*. Die Randzellen *r* des vorgewölbten Wundrandes bräunen sich

später und trocknen zusammen; in den unmittelbar darunter liegenden Zellen entsteht Kork *k*, und diese den ganzen Wundwall einhüllende Korkzone *k—k* legt sich an die äußere Korkbekleidung der alten Rinde an, so daß die ganze Neubildung von einem schwer dehnbaren und daher auf das darunter liegende, schwellende Gewebe drückenden Korkgürtel (Wundkork vgl. S. 683) umgeben ist.

Dadurch ist auch der Rindendruck interimistisch hergestellt. Der Einfluß dieses Rindendruckes auf die nächsten Produkte der vorn schneckenförmig gekrümmten, aber nicht bis auf das alte Holz *h* reichenden Kambiumzone *c* macht sich durch die Bildung dickwandigerer Elemente geltend; es entsteht Neuholz *nh*, welches nach der Wundseite zu parenchymatisch kurz, weitlumig (*x*) und von vereinzelten, kurzen, weiten Gefäßen (*g*) durch-

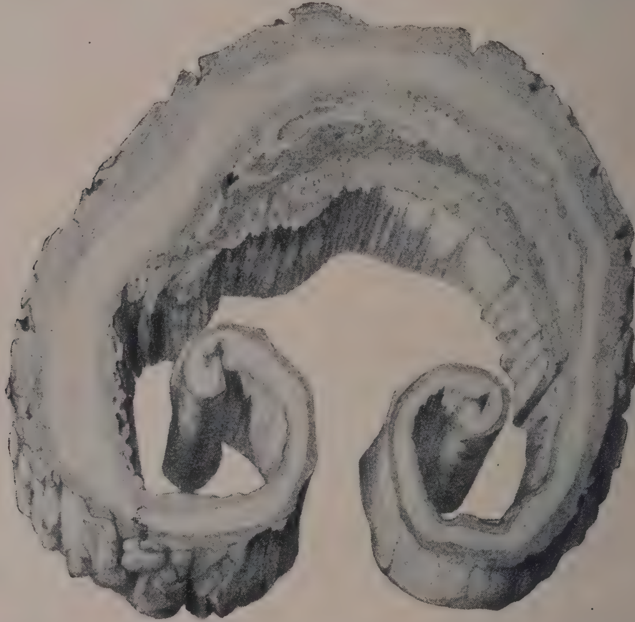


Abb. 201. Querschnitt durch einen hohlgewordenen Kiefernstamm, bei dem die mehrjährigen Überwallungsränder fast allein noch die Ernährung des Stammes übernehmen. (Original im Botanischen Museum zu Berlin-Dahlem.)

setzt ist. Je weiter das Neuholz vom Wundrande entfernt ist, desto regelmäßiger, eng- und langzelliger wird es, desto schärfer treten die Markstrahlen *m* und deren Fortsetzung *m'* in der Rinde hervor. Je mehr sich allmählich Neuholz bildet, desto straffer wird die äußere Korkzone *k—k* des Überwallungsrandes gespannt. Häufig reißt sie stellenweise infolge des Innendruckes, so daß das Rindenparenchym bloßliegt und sich in die Rißstelle hineinwölbt. In diesen sich vorwölbenden Zellen bilden sich aber in kürzester Zeit neue Korkzellen, die sich an die umgebenden anlegen und auf diese Weise den Korkgürtel wieder schließen.

Falls nun ein Schröpfschnitt so breit ist, daß der Überwallungsrand des ersten Jahres ihn nicht decken kann, wird das Neuholz des folgenden Jahres sich lippig über die Wundfläche lagern. In dieser lippenförmigen Vorwölbung, die durch den Verlauf der deckenden neuen Korkzone *k—k*

Abb. 200 am besten gekennzeichnet wird, nimmt die Kambiumzone *c* eine um so stärkere schneckenförmige Krümmung an, je tiefer die Wundfläche liegt. Wenn nun der Fall eintritt, daß bei alten Stämmen an Stelle des Schröpfschnittes eine breite Längswunde sich einstellt und durch Witterungseinflüsse unter parasitärer Mitwirkung der Holzkörper zerstört, der Stamm also hohl wird, dann können schließlich nur noch die Überwallungsränder übrig bleiben. Einen solchen Fall stellt Abb. 201 dar. Dieselbe ist der Querschnitt eines hohl gewordenen Kiefernstammes. Durch das langsame Ausfaulen der jüngeren Holzringe haben die Überwallungsränder eine selten schöne schneckenförmige Gestalt angenommen, und auf dem ver-

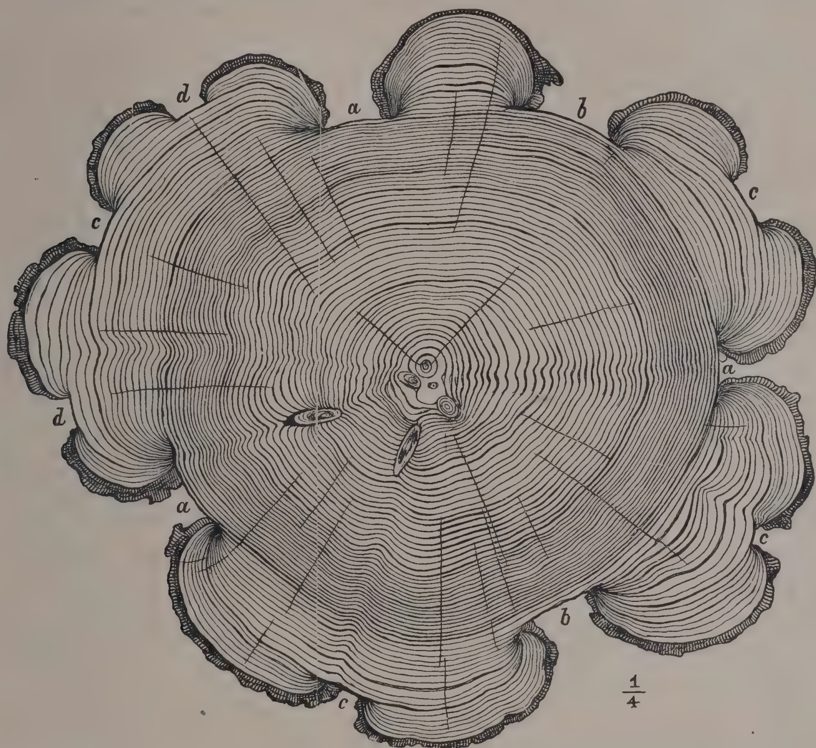


Abb. 202. Stammscheibe von *Picea excelsa* mit Überwallungen von Harznutzungslachen. Das Gesamtalter des Baumes beträgt 70 Jahre. Die erste Nutzung (*a*) fand statt im Alter von 50 Jahren, die zweite (*b*) von 51, die dritte (*c*) von 62, die vierte (*d*) von 65 Jahren. (Nach Döbner-Nobbe.)

hältnismäßig schmalen Holzstreifen der letzten Jahre beruht nun die Ernährung des Stammes. In minder ausgeprägter Form zeigt sich der Vorgang bei allen hohl gewordenen Bäumen, namentlich oft bei Weiden und Pappeln. Die Überwallung nach Längswunden kommt am deutlichsten bei der Harznutzung der Bäume zum Ausdruck, wie Abb. 202 zeigt.

Die durch Harznutzung (Abb. 202, 203) entstehenden Wunden[1]), welche meist einige Zentimeter breite und etwa 0,3—2 m lange, von Rinde entblößte Stammstreifen darstellen, sterben erst nach längerer Zeit ab.

[1]) Vgl. auch Schacht, Der Baum, S. 334. — v. Mohl, Über die Gewinnung des venetianischen Terpentins. Bot. Zeit., 1859, S. 342. — Frank, A. B., Krankh. d. Pfl., S. 61 ff.

Bei Fichten sah R. Hartig den Terpentin aus den in den Markstrahlen liegenden Harzkanälen bald nach der Verwundung in Tropfenform hervortreten. Obgleich bei der offenen Verbindung, welche die vertikal im Stamme verlaufenden Harzkanäle mit denen der Markstrahlen haben, eine große Menge Harz der Wunde zu Gebote steht, so hört doch der Austritt des leichtflüssigen Terpentins in der Regel schon im ersten Jahre auf. Der Terpentin wird durch Verflüchtigung des Terpentinöls und durch Verharzung (Oxydation) dicker. Nach dem Abscharren des Harzes zu beiden Seiten der Harzlache wird dann der Überwallungswulst weggeschnitten, um neue Harzkanäle zu öffnen, oder es werden an anderen Baumseiten neue Rindenstreifen fortgenommen.



Abb. 203. Harzgewinnung aus Kiefern durch Jüdinnen im Urwald von Bialowies. (Nach Voit.)

Ganz ähnliche Überwallungsränder der Längswunde entstehen bei der Gewinnung von Kienholz zu Beleuchtungszwecken seitens der Bewohner des Bialowieser Urwaldes (Abb. 204). Nach Entfernung der Rinde wird das Holz angekohlt und dadurch zu starker Verharzung gebracht. Nach dem Abschlagen der Kienspäne wird dasselbe Verfahren wiederholt. Durch die Wundränder erscheint der Stamm am Grunde fast knollig verdickt.

Ringelschnitt[1]).

Während der Schröpfschnitt (S. 697) als einfachste Form der Vernarbung von Längswunden anzusehen war, ist der Ringelschnitt als die am wenigsten tief greifende Querwunde anzusprechen.

[1]) Vgl. auch Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl. (1920), S. 74.

Unter „Ringeln“ versteht man die Entfernung eines schmalen, ringförmig die ganze Achse umfassenden Rindenstreifens meist zur Zeit der stärksten Kambialtätigkeit, da nur in dieser Periode der Rindenkörper sich leicht und vollkommen vom Holz ablösen läßt.

Nach dem Ringeln erhält die oberhalb der Ringelwunde liegende Zweigpartie das von ihrem Blattapparat bereitete plastische Material; dasselbe kann aber nicht seiner ursprünglichen Bestimmung gemäß zur Verstärkung des Holzringes in der ganzen Zweiglänge verwendet werden, sondern wird oberhalb der Ringelstelle zunächst zurückgehalten, bedingt also dort eine reichlichere Zellvermehrung. Wir sehen den Durchmesser der oberen Zweigpartie gegenüber der unter dem Ringelschnitt gelegenen auffallend zunehmen. Die von der Wurzel her kommende Wasserzufuhr nach diesem Orte ist aber zunächst bedeutend vermindert. Erstens ist die in der Rinde sich bewegende Wassermenge durch den Ringelschnitt erheblich gehindert; ferner verliert der im Holzkörper aufsteigende Saftstrom durch die Verdunstung an der durch den Ringelschnitt bloßgelegten Stelle in der ersten Zeit nicht unwesentliche Wassermengen. In der oberen Zweigpartie vermindert sich also der Hauptstreckungsfaktor der Zellen, der Turgor, durch die geringere Wasserzufuhr von unten. Die Zellvermehrung ist zwar reichlicher, die Zellstreckung aber geringer als im normalen Zweige. Während das Dickenwachstum des oberhalb der Ringelstelle belegenen Achsenteils gesteigert wird, bleibt das Spitzenwachstum des Zweiges gemäßigt; die Internodien werden weniger verlängert. Verkürzung der Internodien bei reichlichem Vorhandensein plastischen Materials ist die erste Einleitung zur Fruchtholzbildung; somit wird durch den Ringelschnitt die Fruchtbarkeit des Zweiges schneller herbeigeführt. Nachweislich ist der oberhalb der Ringelstelle liegende Zweigteil wasserärmer; seine ebenfalls wasserärmeren Blätter gehen früher in die Herbstfärbung ein, seine Früchte werden in der Reife gezeitigt.

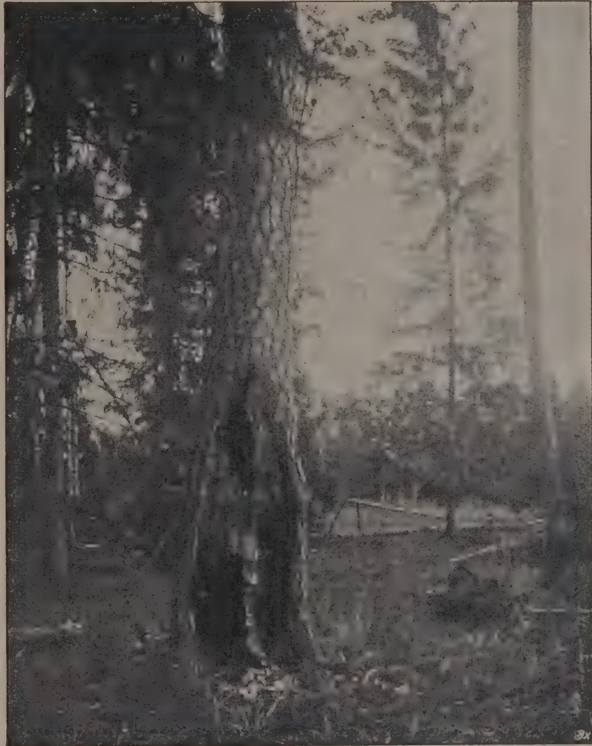


Abb. 204. Zur Gewinnung von Kienspänen verwundete Kiefer. Urwald von Bialowies. (Graebner.)

Die Behauptung, daß durch das Ringeln auch größere Früchte erzielt

werden, findet nur in bestimmten Fällen ihre Bestätigung. Die Weinstöcke z. B., und zwar namentlich die amerikanischen Sorten, scheinen nach dem Ringeln noch eine so bedeutende Partie von Wasser in den oberen Zweigteil zu bekommen, daß eine Verlangsamung des Spitzenwachstums nicht bemerkbar ist. In diesem Falle hängt also die Ausbildung der Früchte wesentlich von der Menge des plastischen Materials ab, und dieses wechselt in den einzelnen Jahren je nach den herrschenden Witterungsbedingungen. Ebenso ist der Sortencharakter von Einfluß. Beispielsweise beobachtete Paddock[1]) daß die Weinsorte Empire State durch das Ringeln ihre Früchte 21 Tage früher wie gewöhnlich reifte, dagegen reagierte Delaware kaum und gab sogar eine geringere Qualität der Trauben.

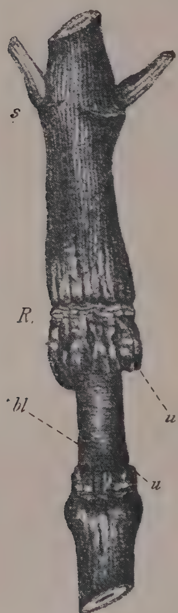


Abb. 205. Ringelwunde an einer Weinrebe mit dem oberen, stärker entwickelten (u') und dem schwächer ausgebildeten unteren Überwallungsrande (u). (Orig.)

Man wendet den Ringelschnitt beim Weinstock auch als Heilmittel gegen das Verrießen oder Reeren der Trauben, d. h. gegen das Abwerfen der jungen Beeren, an[2]). Aber als eine ständige, reguläre Manipulation des Kulturschnittes wird das Ringeln nie Eingang finden; es wird immer nur als drastisches Ausnahmemittel in besonderen Fällen zur Anwendung gelangen dürfen, dessen Schädlichkeit häufig den Nutzen überwiegt.

Selbst beim Weinstock, bei dem wohl am häufigsten geringelt wird, muß die Anwendung beschränkt bleiben. In den „Annalen der Önologie“ (VI [1877], Heft I, S. 126) urteilt Göthe, daß die Hoffnungen für eine allgemeine Ausbreitung des Verfahrens bei Weinstöcken sich nicht realisieren dürften. Der Vorteil der Beschleunigung der Reife sei nicht zu verkennen; man kann auf diese Weise späte Sorten noch zum Ausreifen bringen, aber die Trauben der geringelten Reben geben einen gehaltloseren Wein. Das über der Ringelstelle befindliche Stück der Rebe stirbt (wenigstens bei den europäischen Reben) leicht ab, das unter derselben befindliche wird mangelhaft ernährt, so daß die Augen unfruchtbar bleiben und bei dem Schnitt nicht berücksichtigt werden dürfen. Außerdem brechen die geringelten Triebe leicht ab.

Auch bei manchen Gehölzen zeigt sich häufig die Beschleunigung in der Entwicklung der unter dem Ringelschnitt stehenden Laubknospen, die sich bis zur Ausbildung von Wasserschossen steigern kann. Bei Apfelbäumen ist der Fall häufiger als bei Birnbäumen.

In neuerer Zeit ist das Ringeln auch bei krautartigen Pflanzen mit eßbaren Früchten angewendet worden; so erhielt z. B. Daniel[3]) bei Solaneen größere Früchte durch diese Manipulation. Andere Beobachter konnten dies nicht bestätigen, sondern fanden einen Rückgang in der Entwicklung der ganzen Pflanze[4]). Die unten Genannten konstatierten, daß ein günstiger Einfluß nicht festgestellt werden konnte; es zeigten im Gegenteil die

---

[1]) Paddock, W., Experiments in Ringing Grape Vines. New York Agric. Exp. Stat. Bull. No. 151, 1898.

[2]) Jäger, Obstbau 1856, S. 125.

[3]) Daniel, Lucien, Effets de la décortication annulaire chez quelques plantes herbacées. Compt. rend. Paris 1900, S. 1253.

[4]) Hedrick, Taylor and Wellingston, Ringing herbaceous plants. Arb. d. landwirtschaftlichen Versuchsstation des Staates New York zu Geneva. Bull. No. 288, 1906.

Pflanzen sich offenbar geschädigt. An den Achsen bildeten sich höckerige Auftreibungen, die Blätter kränkelten, und der Wurzelapparat war weniger entwickelt.

Brzezinski[1]) berichtet, daß es gelang, am Meerrettich (*Cochlearia armoracia*), der bekanntlich fast niemals Früchte ansetzt, durch Ringelung der Wurzeln keimfähige Samen zu erzielen.

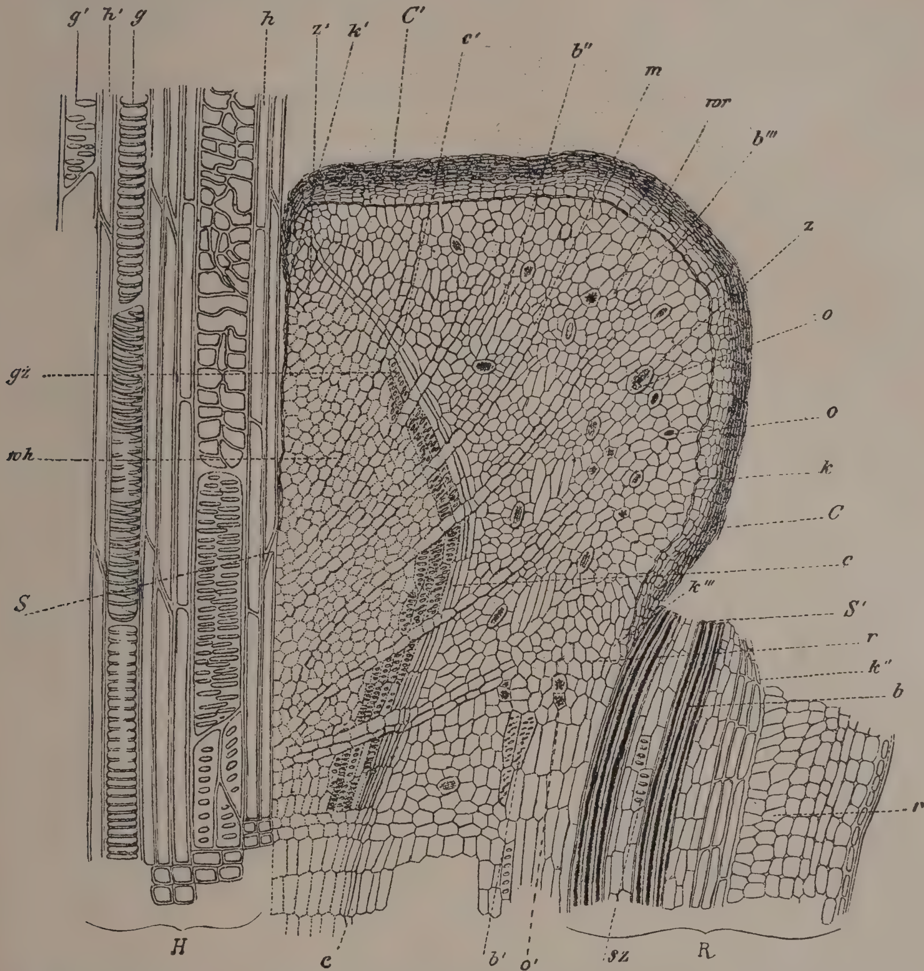


Abb. 206. Längsschnitt durch den Überwallungswulst, der aus dem unteren Rande der Ringelwunde (Abb. 205, *u*) sich entwickelt hat. (Orig. Sorauer.)

Abb. 205 stellt eine geringelte Weinrebe dar; *u* ist der untere, *u'* der obere Überwallungsrand, *bl* die bloßgelegte Stelle des Holzkörpers. Abb. 206 ist der Längsschnitt durch den unteren, schwächeren Überwallungsrand (Abb. 205, *u*). *S*, *S'* ist die Ebene, in der der untere Messerschnitt beim Ringeln ausgeführt wurde, *S S*, *C'* ist das hervortretende Gewebe des Überwallungsrandes. *H* stellt die äußerste Lage des bloßgelegten Holzkörpers

[1]) Brzezinski, Bull. Acad. sc. Cracovie 1909, S. 392.

dar; in diesem bedeuten *g*, *g'* Gefäße und *h*, *h'* poröse Holzzellen. *R* ist, wie in Abb. 205, die bei dem Ringeln durchschnittene Rinde, die vom Holz durch das hervorquellende Überwallungsgewebe *r*, *C*, *C'* weit abgedrängt erscheint. Dasselbe liegt bei *z'* eng dem Holzkörper an und wird nach außen hin durch eine Korkschicht, *k k'*, geschützt. Dieser hervortretende Überwallungsrand von parenchymatischem Gewebe wird durch die bogig verlaufende Kambiumzone *c*, *c*, *c'* differenziert in das parenchymatische Wundholz *wh* und die Wundrinde *wr*. Beide sind flächenartig durchzogen von den Markstrahlen *m*.

Wie ein solcher Überwallungsring im Querschnitt erscheint, zeigen die Abb. 207 und 208, von denen die erstere aus dem oberen Wundwall dicht an der Stelle entnommen ist, wo derselbe aus der Rinde hervortritt, während Abb. 208 aus einer breiteren, entfernteren Region stammt.

Wir sehen bei Abb. 206, daß aus dem Wundrande ein massiges Gewebe hervorgetreten ist, das durch drei- bis vierfache Teilung des Kambiums entstanden ist und anfangs den Charakter von Callus[1]) zeigt; dasselbe gilt von den Teilungsprodukten der jüngsten Rinde, die mit dem Kambiumkallus vereinigt den späteren Überwallungswulst bilden.

Zur Zeit der Ringelung (im Juli) war der alte Holzkörper (Abb. 206, *H*) der Rebe schon stark entwickelt. Wir erkennen langgestreckte, dickwandige, in der unmittelbaren Nähe der Gefäße (*g*) vorzugsweise mit horizontalen Querwänden versehene (*h*), sonst meist keilförmig zugespitzte Holzzellen mit feinen Porenkanälen (*h'*). Die engeren Gefäße sind Spiral- oder auch Ringgefäße (*g*), die weiteren zeigen kreisrunde bis spaltenförmige, gehöfte Tüpfel (*g*); die weitesten haben eine leiterförmig- oder netzartig-poröse Wandung. Die leiterförmige Anordnung der Tüpfel entspricht den reihenweise gelagerten Poren der die Gefäße umgebenden Zellen, deren Wandung auf der Gefäßwandung abgedrückt ist.

Der untere Ringelschnitt, durch den die Ringelblöße (Abb. 205, *bl*) hergestellt wurde, wird in Abb. 206 durch die Ebene *SS'* bezeichnet. In diesem Längsschnitt erstreckt sich also die Ringelblöße von *S* aufwärts, an den bloßgelegten Holzzellen entlang. Bei *S'* sehen wir, wie das Messer senkrecht zur Längsrichtung der Rebe den Rindenkörper (*R*) glatt abgeschnitten hat. Zur Zeit der Ausführung des Schnittes lag die Rinde *R* dicht an dem Holzkörper *H*; das dazwischenliegende, weit hervorgewölbte Gewebe (*rCC*) ist nach der Ringelung entstanden. Und zwar tritt durch die mit der Entfernung der Rinde verbundene ungemeine Verminderung des Rindendruckes in der Schnittebene *S S'* und den daran grenzenden Teilen in den Zellen des Kambiums sowohl als auch in denen des jüngsten Holzes sowie der jüngeren und jüngsten Rinde durch überraschend starke Zell-

[1]) Es bietet sich hier Gelegenheit, darauf aufmerksam zu machen, daß die Autoren zwei verschiedene Zustände mit dem Namen „Callus" bezeichnen. Alles jugendliche Vernarbungsgewebe mit Spitzenwachstum seiner Zellreihen, gleichviel, ob es an einer Schnittfläche über oder in der Erde entsteht, ist als „Callus" zu bezeichnen. Der berindete, verholzende, durch eine innere Meristemzone fortwachsende Callus wird von uns als Überwallungsrand angesprochen.

Zweitens verstehen darunter die Autoren nach dem Gebrauche in der Praxis aber auch das aus dem Callus durch Entstehung einer Korkzone, Anlage innerer Meristemherde und Ausscheidung eines Grundgewebes differenzierte Gebilde, das schon dem Gewebeteil ähnlich geworden, aus dessen Wunde es entstanden ist. Von diesen Dauerzuständen sind aber die durch Spitzenwachstum ausgezeichneten Jugendzustände zu trennen, und Sorauer schlägt deshalb die Bezeichnung „Callus" nur für diese Erstlingsbildungen vor, während die späteren Zustände als „Vernarbungsgewebe" aufgeführt werden können.

vermehrung eine Callusbildung ein, indem die Endzellen der genannten Gewebe und die unmittelbar daran stoßenden sich nach außen wölben, sich teilen, sich strecken und ihr hinteres Ende durch eine Querwand von dem vorderen Ende abgrenzen. In diesen vorderen Enden wiederholt sich das Strecken und Abschnüren mehrere Male. Auf diese Weise wölbt sich rings am Schnittrande ein Calluswall *C C'* hervor, dessen Innenrand bei *z'* eng dem Holzkörper anliegt, ohne jedoch je mit ihm zu verwachsen.

Allerdings ist dieser Calluswall zunächst nicht von der Ausdehnung und dem Bau, wie ihn die Zeichnung zeigt; diese stellt vielmehr einen aus dem Callus hervorgegangenen Wundwall dar, welcher durch die Vermehrung der neuen Kambiumzone *c'* bereits sekundäre Verdickungselemente gebildet hat. Ursprünglich besteht dieser Calluswall nur aus zartwandigen, alsbald in fächerförmigen Reihen geordnet erscheinenden, in allen Richtungen fast gleichen Durchmesser zeigenden, parenchymatischen Zellen *s z'*.

In einem solchen jugendlichen, sich bald differenzierenden Calluswall bildet sich zunächst an dem äußeren Umfange eine allmählich an Dicke zunehmende Korkzone *k*, *k'* als Schutzschicht der dünnwandigen, neugebildeten Gewebemasse. Ebenso grenzt sich die Schnittfläche des alten Rindengewebes *R*, das durch das neue Wundgewebe weit vom Holzkörper entfernt worden ist, durch eine Korkschicht *k''* nach außen ab. Die vom Schnitt getroffenen alten Hartbastzellen *b* sind von der Schnittfläche aus bis tief in das gesunde Gewebe hinein braun und abgestorben. Das hinter diesen Bastzellen nach innen gelegene, ehemals jüngste Rindengewebe *r* hat an der Zellvermehrung und Callusbildung teilgenommen; nur in den dem Herbstbast zunächst liegenden Zellen der einstigen jüngsten Rinde hat sich eine die tote Stelle isolierende Korkzone *k''* gebildet. In der Nähe dieser Korkzone verlaufen die zur Zeit des Ringelns schon angelegten, aber durch den Einfluß des Schnittes nicht mehr normal wie *b* gestreckten Hartbastzellen *b'*, deren reihenweise gestellte Elemente sich rückwärts in das gesunde Gewebe hinein verfolgen lassen und allmählich sich an den alten Bast anlegen; diese Reihe findet in dem Wundwall ihre Fortsetzung in langgestreckten, aber noch sehr dünnwandigen Zellgruppen *b''*, die in gleichen Abständen von der Kambiumzone liegen.

Die Kambiumzone, welche in dem unterhalb der Schnittebene liegenden Teil der normal entwickelten Rebe dicht an den prosenchymatischen Holzelementen verläuft, beschreibt bei ihrem Eintritt in den Wundrand oder Überwallungsrand einen weiten Bogen *c*, *c*, *c'*; sie teilt das anscheinend gleichartige Grundgewebe in eine dem alten Holzkörper anliegende Partie von Parenchym mit stärker porösen Wandungen, das Wundholz *wh*, und eine äußere Partie, die Wundrinde *wr*. In der deutlich markierten, fächerartigen Anordnung der einzelnen Zellenreihe erkennt man diese Reihe als sekundären Nachwuchs der schon sehr früh in dem Calluswulst auftretenden Kambiumzone. Die Elemente, welche aus dieser Kambiumzone hervorgehen, haben nahezu in derselben Horizontalfläche dieselbe parenchymatische Gestalt; nur unterscheidet sich, wie gesagt, das parenchymatische Holz *wh* von dem Rindengewebe durch seine porösen Wandungen, die stärker verdickt und dichter, also auch scharfkantiger aneinander gelagert sind; es hat sich hier bereits ein stärkerer Druck geltend gemacht.

Aber auch in dem Rindengewebe selbst ist eine deutliche Differenzierung bemerkbar. Zwischen den etwa ovalen Zellen, welche die Grund-

masse der Rinde bilden, finden wir länger gestreckte, schmalere, etwa prismatische Zellen in bogiger, der Kambiumzone annähernd paralleler Anordnung b'', welche die ersten Anlagen der Hartbastzellen darstellen; sie sind reicher an Inhalt und begleitet von Schlauchzellen, die in ihrer Längsrichtung meist parallel dem jungen Baststreifen laufen und Raphiden von oxalsaurem Kalk *o* enthalten, während das Rindengewebe, das aus der zur Zeit des Schnittes schon vorgebildeten jüngsten Rinde entstanden ist und deutlich dickwandige, wenn auch noch kurze und weite Hartbastzellen enthält, den oxalsauren Kalk in sternförmigen Drusen oder großen, die Zelle ausfüllenden Einzelkristallen enthält, wie er vorzugsweise in der normalen Rinde vorkommt (o'). An der Übergangsstelle sind Raphiden und Sterndrusen oft nur durch zwei Zellen getrennt. Hier hat also nur das locker gebaute Gewebe Raphiden.

Am besten gewahrt man die mit den Baststrängen parallele Lagerung der oxalsauren Kalk führenden Schlauchzellen auf Tangentialschnitten an Kirschen; dort sieht man die vielfach netzförmig aneinandertretenden Stränge des Bastes begleitet von dicht anliegenden, in die Länge gestreckten parenchymatischen Zellen, von denen fast eine jede eine Druse von oxalsaurem Kalk aufzuweisen hat. Bei dem Wein ist dies weniger scharf ausgeprägt und wird in dem Maße undeutlich, als das Gesamtgewebe im Überwallungsrande seine Differenzierung nahezu verliert. In diesem wenig differenzierten Teile erkennt man schon Gruppen dickwandigerer Elemente, ohne daß in der Umgebung bereits oxalsaurer Kalk abgelagert wäre. Der Kalk tritt in den früher mit Stärke erfüllten Zellen auf, was darauf hinweist, daß bei der Lösung der Kohlenhydrate oxalsaurer Kalk eines der Endprodukte des Lösungsprozesses ist.

Man findet in den äußersten peripherischen Zonen des Überwallungsrandes darum keinen oxalsauren Kalk, weil diese Zonen aus dem erstgebildeten Gewebe des über die Schnittfläche hervorquellenden, schnell wachsenden, undifferenzierten Callus bestehen, in denen das Material gänzlich zur Zellvermehrung verbraucht wird und sich nicht schließlich als Reservestärke ablagert. Aber es bleiben im ganzen nur wenige peripherische Zellreihen stets stärkefrei und damit später frei von oxalsaurem Kalk; denn das über die Schnittfläche hervortretende Gewebe, das nur so lange den Namen „Callus“ verdient, als es vollkommen undifferenziert ist, läßt bald eine Verschiedenartigkeit in seinem Bau erkennen und tritt somit sehr schnell aus dem Calluszustand in den Zustand des Überwallungsrandes. Bald nach der Bildung der peripherischen Korkumhüllung erscheint auch im Innern des callösen Gewebes eine Meristemzone, welche die Fortsetzung des Kambiumringes des normalen Rebenstückes innerhalb des Überwallungsrandes darstellt. Außerhalb dieser Meristemzone erkennt man dann auch schon die ersten Spuren eines Bastkörpers in einzelnen, dicht unter der Korkzone zerstreut liegenden parenchymatischen Zellen mit etwas stärker lichtbrechender, wie es scheint, leicht quellbarer Wandung b'''. Bei einigen derselben glaubt Sorauer eine ähnliche Siebporenzeichnung erkannt zu haben, wie es in der tangentialen Wandung normaler Rindensiebzellen *sz* gefunden wird, so daß man schließen kann, daß die erste Differenzierung des Callusgewebes, welche fast gleichzeitig mit der Bildung der neuen Kambiumzone auftritt, innerhalb der Rinde in der Ausbildung von Siebzellen besteht.

Das aus der Kambiumzone hervorgehende Gewebe erscheint in der

Abb. 206 der Länge nach gefächert durch die in ihrer radialen Streckung bevorzugten, in ihrem Inhalt helleren Markstrahlzellen *m*, welche, wie das übrige Gewebe, an der Peripherie des Überwallungsrandes kleinzelliger sind, innerhalb des Überwallungsrandes eine der Senkrechten genäherte Richtung haben und erst allmählich in dem Maße zur normalen horizontalen Lagerung übergehen, als sie in das normale Gewebe des unverletzten Rebenstückes eintreten.

Das zwischen den helleren Markstrahlen liegende Holz ist in der Jugend des Überwallungsrandes, wo also erst das dem Korkrande zunächst liegende Gewebe entstanden war, kurz, sehr dünnwandig, parenchymatisch. Es erscheint, je weiter man es nach dem normalen Gewebe hin untersucht, desto länger und derbwandiger und geht aus seiner radialen Streckung immer mehr in die longitudinale der normalen Holzelemente über. Je früher im Jahre die Ringelung vorgenommen worden ist, je länger also die neugebildete Kambiumzone des Überwallungsrandes sekundäres Sprungholz produziert, um so mehr nähern sich die später gebildeten Elemente schon in ihrer Länge und Gestalt dem normalen Holze.

In diesem zartwandigen parenchymatischen Holze treten als erste dickwandige Elemente kurze, treppenartig poröse Gefäßzellen *gz* auf; dieselben haben anfangs die Größe und Lagerung der Holzparenchymzellen ihrer Umgebung und nehmen, je mehr sie sich dem unverletzten Holzteile nähern, immer mehr die Gestalt und Lagerung normaler Gefäße an. Im Gegensatz zu de Vries behauptet Sorauer, daß die kurzen Gefäßzellen nicht immer die ersten dickwandigen Elemente sind. Bei sehr schwach entwickelten unteren Ringelwülsten geht manchmal das Parenchymholz direkt in normal gelagerte, schwach verdickte Holzelemente über, ohne daß kurze Gefäßzellen vorher auftreten.

Bei dem oberen Überwallungsrand einer Ringelblöße, deren Callus in derselben Zeit meist schon mehr als doppelt so stark sich entwickelt, ist die Kambiumzone breiter, die sämtlichen Elemente sind zahlreicher und der Anfang der Gefäßbündel im Callus immer mit Gefäßzellen beginnend. Die Ausbildung der Gefäßzellen erfolgt um so früher, also um so näher dem alten Holzkörper, ihre Gestalt, Größe, Verdickung und Lagerung wird um so normaler, je weiter von der Schnittfläche aus rückwärts das Gewebe liegt, dessen Gefäßstrang *gs* sich unmerklich an das vor der Ringelung gebildete normale Holz anlegt und dessen weitere Verdickung ausmacht.

Wir können nach dem in Abb. 206 dargestellten anatomischen Befunde uns also bildlich in der Weise ausdrücken, daß der Ringelschnitt in dem die Wunde begrenzenden berindet gebliebenen Teile der Rebe eine ungemeine Lockerung des Holzkörpers hervorgebracht hat. Dadurch sind die Gefäßbündel, welche aus dickwandigen Holzzellen und Gefäßröhren einerseits und aus dickwandigen Hartbastzellen und Siebzellen jenseits des Kambiums bestehen, und welche im normalen Holzkörper in konzentrischen Kreisen dicht aneinander gelagert sind, auseinander gerückt und in einzelne durch Parenchymmassen getrennte Stränge aufgelöst. Diese Stränge *gs'* (Gefäßstrang) und *b'* (Baststrang) setzen sich, an Elementen immer ärmer werdend und immer mehr sich verändernd, in dem als Calluswulst ursprünglich über die Schnittfläche hervorbrechenden Überwallungsrand fort.

Daß der Gefäßbündelkörper, welcher in den unverletzt gebliebenen Teilen der Rebe den nur durch wenigzellige Markstrahlen gefächerten Holzkörper und Bastring bildet, gleichsam durch das infolge der Ringelung

entstandene parenchymatische Gewebe in einzelne, immer dünner werdende, wellig in radialer und tangentialer Richtung verlaufende, untereinander anfangs noch durch Anastomosen netzartig verbundene, endlich aber isoliert und in fächerartig auseinandergehende Stränge zerfasert wird, sehen wir am besten an Querschnitten, die in verschiedenen Höhen durch den Ringelwulst geführt werden. Wegen der größeren Deutlichkeit sind die Querschnitte Abb. 207 und Abb. 208 aus dem oberen, analog gebauten, aber stärker entwickelten Überwallungsrande derselben Weinrebe entnommen worden, die den Längsschnitt Abb. 206 geliefert hat.

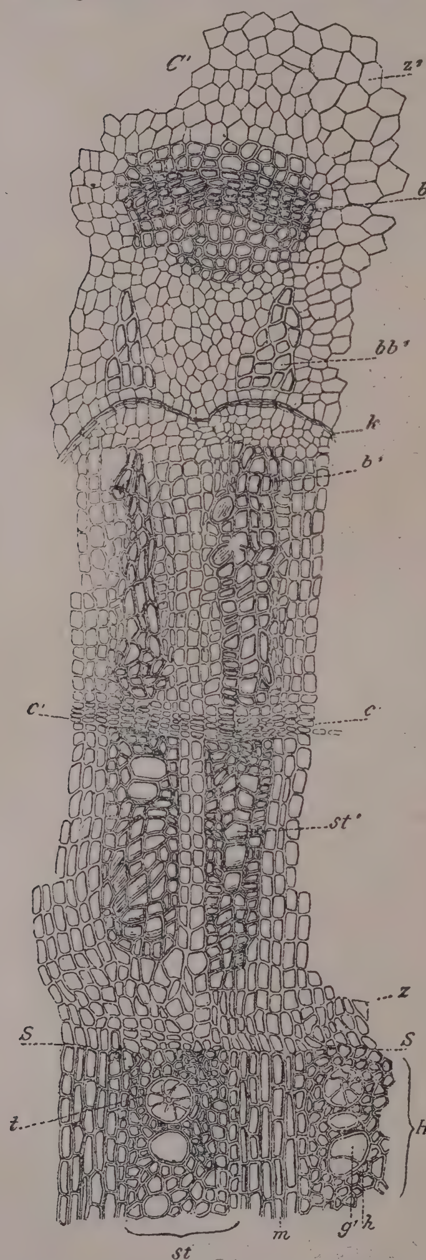


Abb. 207. Querschnitt durch den Ringelwulst dicht an seiner Austrittsstelle in der Ebene S bis S' von Abb. 206. (Orig. Sorauer.)

Abb. 207 zeigt den Ringelwulst quer durchschnitten in der Höhe, wo derselbe aus der alten Rinde heraustritt, also ungefähr bei S bis S' in Abb. 206; Abb. 208 ist ein Querschnitt durch die Mitte des herausgetretenen Teiles des Überwallungsrandes, also etwa in der Ebene k bis wh bei Abb. 206. Abb. 207, H stellt ein Stück des alten vor der Ringelung gebildeten Holzes dar; g' bezeichnet die weiten, leiterförmigen oder spaltenförmig-porösen Gefäße, von denen diejenigen, welche der Schnittfläche S bis S' am nächsten liegen, infolge der Verwundung sich mit Thyllen t angefüllt haben und infolgedessen für die Durchlüftung unwegsam geworden sind; h zeigt die querdurchschnittenen Holzzellen. S bis C' (bei Abb. C bis C') ist die infolge des Ringelschnittes entstandene Neuholzbildung des Überwallungsrandes. In diesen Überwallungsrand hinein, der aus dem Callus hervorgegangen ist, sehen wir aus dem normalen Gewebe H die Markstrahlen m mit kurzer Unterbrechung sich fortsetzen. Die Markstrahlen werden immer breiter, die Gefäßbündel, deren Holzkörper im normalen Holze dicht aneinander gelagert sind, werden nun durch die stets breiter werdenden Markstrahlpartien immer weiter auseinandergerückt; die Bündel werden dabei ärmer an Elementen, und normale Holzzellen sind nicht mehr vorhanden. Der Strang st' besteht nur noch aus kürzeren, weiten, runden und engeren mehr abgeplatteten Gefäßen,

nebst weiten, meist schon stumpf aufeinander sitzenden weniger dickwandigen Holzzellen.

Der eine Strang (Abb. 207, *st*) im normalen Holze hat sich im Gewebe



Abb. 208. Querschnitt durch den Ringelwulst in größerer Entfernung von der Austrittsstelle, also in üppigerer Entwicklung, wie er in Abb. 206 etwa in der Ebene *k—wh* zu finden wäre. (Orig. Sorauer.)

des Ringelwulstes bereits in zwei Stränge *st'* gespalten, und diese haben sich in der noch weiter von der Schnittebene entfernten Region (Abb. 208, *st'*) wieder in je vier Stränge gefächert. Dabei sind durch die Bildung neuer Markstrahlen (Abb. 208, *m'*) die neuen Bündel aus ihrer bisherigen Anordnung herausgedrängt worden; sie rücken jetzt in einzelnen Gruppen weiter nach der Peripherie des immer dicker werdenden Ringelwulstes. Indem auch die tertiären Markstrahlen immer breiter werden, erscheinen nun auch diese dünnen, sich im Längsverlauf verästelnden Stränge von Gefäßen (Abb. 208, *st'*) immer weiter auseinander gerückt, bis sie endlich in der Nähe des Außenrandes des Ringelwulstes ganz verschwinden. Die letzten Ausläufer dieser Elemente sind kurze, weite poröse Zellen von Parenchymholz.

Es ist bekannt, daß zu jedem Gefäßstrange des Holzkörpers ein Baststrang gehört. Das Holz ist mit der Rinde Geschwisterkind[1]). In Abb. 207, sehen wir das Hartbastbündel, welches zu dem Holzstrange *st* gehört; *b'* und *bb'* stellen die in ihren Zellen analog den Holzelementen weiter gewordenen Bastkörper dar, welche zu *st'* gehören; die radiale Verdickung der Weichbastzellen ist in der Zeichnung nicht gut wiedergegeben.

Im Herbst, wenn die Weinrebe ihre primäre Rinde durch eine Korkzone abgrenzt, hat die wellig verlaufende Korkschicht *k* hier im Ringelwulst die Bastbündel in zwei Teile (Abb. 207, *b'* und *bb'*) zerschnitten; *c' c'* bedeutet bei Abb. 207 und 208 die Kambiumzone, Abb. 208, *o* ist eine Schlauchzelle mit oxalsaurem Kalk in Raphidenform; bei einigen Schlauchzellen lassen sich scharf zackenartige, sehr kleine Vorsprünge auf der Innenseite der Membran wahrnehmen.

Die erste Differenzierung im Calluswulst läßt sich auch nach Übergang desselben in den fertigen Überwallungsrand oder Ringelwulst noch erkennen, wenn man, von der äußersten Korklage beginnend, Querschnitte durch das Wulstgewebe macht, wenn man also bei Abb. 206 von der am meisten, nach unten vorgewölbten Partie beginnt und nach oben hin fortschreitet. Bezeichnen wir den dem alten Holze anliegenden Teil (Abb. 206, *z'* bis *S*) als dessen Innenseite im Gegensatz zu der kugelig gewölbten Außenseite; es zeigt sich nach den ersten Querschnitten bereits das unmittelbar unter der Korkzone liegende parenchymatische Gewebe des Innenrandes durch Jod dunkler gefärbt als die entsprechende Partie der gegenüberliegenden Außenseite. Ebenso erkennt man bei Anwendung von Jod auch eine radiale Fächerung des Gewebes, indem Streifen von anfangs nur 1—3 Zellen Mächtigkeit durch Jod dunkler gefärbt werden als die breiteren zwischen ihnen liegenden Partien. Auch in der Gestalt der Zellen läßt sich schon in den ersten Querschnitten ein Unterschied finden, indem die dem Außenrande näher liegenden Zellen rundlicher als die dichteren, dem Innenrande genäherten Zellen erscheinen; auch sind die sämtlichen, direkt unter der verkorkten Außenschicht liegenden Zellen kleiner als die im Zentrum liegenden. Die helleren Streifen enthalten Zellen von größerer radialer Streckung; die erste Andeutung der Markstrahlen. Die Zone der erneuten Zellteilungen zum Zwecke der Anlage des späteren Kambiumringes liegt zunächst dicht an der Innenseite des Calluswulstes, sich an die Region von Zellen anschließend, welche zur Verstärkung der peripherischen Korkzone zuletzt in Teilung getreten ist; von da aus rückt sie in den folgenden Querschnitten immer weiter von dem alten Holzkörper fort (vgl. den

[1]) Ratzeburg, Waldverderbnis I, S. 70.

bogigen Verlauf im Längsschnitt Abb. 206, *c* bis *c'*), erreicht noch außerhalb der Ebene, in welcher der Ringelschnitt ausgeführt worden ist, ihre größte Entfernung vom alten Holzkörper und nähert sich innerhalb der alten Rinde wieder dem normalen Holze, bis sie als normales Kambium auch wieder ihre gewöhnliche Lage einnimmt.

Was hier speziell vom Weinstock gezeigt worden ist, findet im Prinzip bei allen Ringelungen statt; der spezielle Aufbau ist natürlich je nach der Pflanzenart verschieden.

Betreffs der anatomischen Elemente, welche die Stoffleitung übernehmen, hat Czapek[1]) gezeigt, daß für sämtliche Assimilate nur die Siebröhren und Kambiformzellen in Betracht kommen können, und zwar sind die stoffleitenden Bahnen im Leptom selbst geradlinig. Das Leptomparenchym dient ähnlich den Markstrahlen als Speicherungsgewebe. Die Reservestoffe werden in ihrer Ablagerung insofern beeinflußt, als im Frühjahr, zur Zeit des Austreibens, nach Leclerc du Sablon[2]) bei den in der Nähe des Wurzelhalses geringelten Bäumen die Wurzeln reicher, die Stämme ärmer an Reservestoffen sind als bei den nicht geringelten Bäumen. Die Blätter der ersteren sind zwar weniger grün, aber enthalten viel mehr Reservestoffe als die der ungeringelten Exemplare und gehen nach Sorauers Beobachtungen viel früher in die Herbstfärbung über.

Krieg[3]) teilt Beobachtungen bei *Vitis* mit, wo infolge des Ringelns Neubildungen im Markkörper nachgewiesen wurden, ohne daß das Mark überhaupt verletzt worden wäre. Dieser Umstand ist dadurch wichtig, weil er zeigt, daß der Wundreiz oder die bei jeder Verwundung sich einstellenden Änderungen in der Gewebespannung sich in Regionen geltend machen, die von der Wundfläche weit entfernt und durch feste Holzzonen von derselben getrennt sind. Man versteht nunmehr auch besser die Veränderungen im Markkörper bei solchen Frostbeschädigungen, bei denen der Holzring keinerlei Störungen erkennen läßt (vgl. S. 571 ff.) und die von Bretfeld[4]) u. a. beobachteten „netzfaserartigen“ Zellen bei Orchideen.

Die von Krieg beobachtete Wundholzbildung im Mark von *Vitis*, die der Verfasser der Einwirkung von Zersetzungsprodukten des bei der Ringelung abgestorbenen Holzteiles zuschreibt, bestand aus markfleckenähnlichen, parenchymatischen Nestern. Diese waren von einem ringförmigen Kambium umschlossen. Der innerhalb der Markscheibe liegende Ring entwickelte nach innen Holz mit zahlreichen Gefäßen, nach außen den Siebteil. Der andere der Markkrone benachbarte Markfleck bildete aus seinem Kambiumringe nach innen den Siebteil und nach außen Holz. Die entsprechenden Gewebe der beiden Neubildungen vereinigten sich später mit den gleichnamigen Partien des Überwallungsrandes. Die Pflanze hatte mithin den beim Ringeln abgestorbenen Holzkörper durch Anlage neuen Holz- und Siebgewebes im Mark ersetzt.

---

[1]) Czapek, Fr., Über die Leitungswege der organischen Baustoffe im Pflanzenkörper. Bot. Centralbl. LXIX (1897), S. 318.

[2]) Leclerc du Sablon, Recherches physiologiques sur les matières de réserves des arbres. Revue générale de Bot. XVIII (1906), S. 5; vgl. Bot. Centralbl. CII, 1906, Nr. 43, S. 446.

[3]) Krieg, Beiträge zur Callus- und Wundholzbildung geringelter Zweige und deren histologische Veränderungen. Würzburg 1908.

[4]) Bretfeld, v., Über Vernarbung und Blattfall. Pringsh. Jahrb. XII (1879), S. 137 ff.; vgl. Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie, S. 61, als Beispiel für Metaplasie.

Schälwunden.

Die Vorgänge der Wundheilung bei einer den Stamm umfassenden größeren Holzblöße, die durch Entfernung der gesamten Rindenelemente entstanden ist, sind schon seit mehr denn hundert Jahren Gegenstand der Beobachtung einzelner Forscher gewesen.

So zitiert Treviranus[1]), daß L. Frisch bei einem Gutsbesitzer in der Mark mehrere Äpfel- und Birnbäume sah, denen man die ganze Rinde vom Ansatze der untersten Zweige bis zur Wurzel im ganzen Umfange des Stammes so genommen hatte, daß überall das weiße Holz zu sehen war. Die Bäume waren wieder mit neuer Rinde bekleidet. Frisch versichert, daß dieses Experiment immer gelinge, wenn man nur die Zeit der Sonnenwende dazu benutze und die entblößte Oberfläche, auf welche man den Saft mit einer Feder gleichmäßig ausbreiten soll, durch Leinwand oder Rohrdecken gegen Sonne und Wind schütze (Miscell. Berolin. Contin. II [1727] 26).

Der berühmte Experimentator Duhamel[2]) nahm in der Saftzeit von mehreren jungen Stämmen von Ulmen, Pflaumen usw. einen etwa 7 bis 10 cm breiten Ring bis aufs Holz weg und umgab die Wunde mit einem Glaszylinder, der oben und unten am unverletzten Stammteil mit Kitt und Blase verschlossen wurde. Er sah auf der Holzfläche zarte, gallertartige Wärzchen sich bilden, welche zwischen den Holzfasern des Splintes hervorbrachen (des mamelons gélatineux qui sortaient d'entre les fibres longitudinales de l'aubier); diese Wärzchen, welche der Mehrzahl nach unter äußerst zarten, wahrscheinlich stehengebliebenen Bastlamellen sich emporhoben, waren erst weiß und halb durchscheinend, später grau und nach 10 Tagen (am 18. April) grün. Diese Neubildungen breiteten sich im Laufe des Sommers aus und erzeugten durch Vereinigung eine narbige Rinde, unter welcher zarte Holzlamellen erkennbar waren. „Ainsi il est bien prouvé que le bois peut produire de l'écorce et que cette écorce est dès lors en état de produire des feuillets ligneux . . .“

Ähnliche Versuche machte Knight und erhielt ähnliche Erfolge. Einmal beobachtete er[3]) an *Ulmus montana* eine Reproduktion der Rinde, ohne daß die Wunde bedeckt war; der Baum hatte einen schattigen Standort. An alten gekappten Eichen mit unvollkommen eintretender Neuberindung fand Knight, daß die gallertartigen Wärzchen aus dem parenchymatischen Zellgewebe hervorquellen, und „in vielen Fällen wurde nur auf deren Oberfläche eine neue Rinde in kleinen und getrennten Portionen erzeugt“.

Meyen[4]) zitiert die Beobachtungen von Werneck, nach welchen die Wiedererzeugung der Rinde nur dann gelingen soll, wenn das Abschälen um Johanni geschieht, wenn die Stämme noch jung sind und die verwundete Stelle „sehr sorgfältig durch einen hohl und dicht anliegenden Verband gegen Austrocknung geschützt wird“.

Meyens[5]) eigene Ansicht finden wir bei Wiedergabe seiner Versuche in seiner Phytopathologie. Er schälte am 30. April 1839 während eines

---

[1]) Treviranus, Physiologie der Gewächse II, Abt. I, (1838), S. 222.

[2]) Duhamel, Physique des arbres II (1758), S. 42, VIIff. 63 und a. a. O. S. 44, VIIIff. 66, 67.

[3]) Treviranus a. a. O., S. 223 (Beytr. 223).

[4]) Meyen, Neues System d. Pflanzenphys. 1837, S. 394.

[5]) Meyen, Pflanzenpathologie, herausgeg. v. Nees v. Esenbeck. Berlin (1841), S. 14.

warmen Sonnenscheins Stämmchen und große Äste von Haselnuß, Schneeball, Syringa und Weide, umschloß die Schälstellen nach Art der Duhamelschen Experimente mit verkitteten Glasröhren, die noch mit Papier umwickelt wurden, obgleich er die Versuche an stark bebuschten Stellen ausführte. Auch hier wurden gallertartige Tröpfchen ausgeschwitzt, „welche stets an denjenigen Stellen hervortraten, wo die Markstrahlen auf der Oberfläche des Holzes zum Vorschein kommen“.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Ausschwitzungen ergab ihre Zusammensetzung aus zartem Zellgewebe, „welches sich durch den neuen gummihaltigen Saft immer mehr und mehr vergrößerte, der durch die Markstrahlzellen ausgeschieden wurde“.

Die grünliche Färbung, welche diese Neubildungen annehmen, rührt von Chlorophyllkörnern her. Diese Neubildungen erhielten im Laufe des Versuchsjahres eine Stärke bis zu 11 mm, schrumpften aber bei dem Vertrocknen stark ein.

Meyen kann diesen neuen Produktionen, die übrigens auch im Freien an schattigen Orten entstehen[1]), nicht die Bedeutung der Rinde zusprechen; denn man sieht „keine Sonderung der verschiedenen Schichten, aus welchen die normale Rinde desselben Baumes besteht, und es findet sich in derselben auch keine Spur von Baströhren, welche offenbar besonders wichtig sind . . .“

Der seinerzeit ausgezeichnete Physiologe, der nach der Mirbelschen Anschauung das Kambium für einen strukturlosen Saft anspricht, der solche Zellbildungen hervorbringt wie die, aus denen er herausgetreten, hat zwar das Verdienst, das Mikroskop bei Untersuchung der neuen, bei Heilung der Schälwunde auftretenden Produktionen angewendet zu haben, allein es ist ihm nicht geglückt, die Holzproduktion unter den Neubildungen zu beobachten und die Analogie dieser Bildungen mit der normalen Rinde nachzuweisen.

Wahrscheinlich waren die feuchte Luft und starke Beschattung seiner Zylinder schuld, da diese Faktoren, wie wir sehen werden, den Charakter der Neubildung wesentlich beeinflussen.

Früher als Meyen experimentierte Dalbret[2]), indem er am 21. Juni eine Esche und einen Nußbaum schälte, die Schälstellen in Zylinder einschloß und dieselben Resultate wie Duhamel erhielt.

Th. Hartig[3]) schälte im Frühjahr 1852, als die Entwicklung der neuen Jahresringe bereits begonnen hatte, 30—40 ältere Eichen auf 6—8 m Länge vom Boden aus und fand im August die meisten der geschälten Bäume ebenso dicht belaubt wie die daneben stehenden, nicht entrindeten Stämme. An 5—6 jungen Stämmen hatte sich, „merkwürdigerweise“ fast nur auf der Sonnenseite, ein aus Markstrahlen des Holzes hervorgedrungener grindiger Ausschlag gebildet. Die anatomischen Untersuchungen zeigten, daß der Ausschlag, ganz unabhängig vom Baste und Kambium, allein aus dem Holze hervorgegangen und ein Produkt der Markstrahlen sei.

Die Neubildung beginnt mit dem Auftreten einer Korkzellenlage an der Peripherie des gesunden Markstrahlgewebes, durch welche eine äußere, abgestorbene Partie abgegrenzt wird. Der lebendige Teil des Markstrahls

---

[1]) Pflanzenphysiologie I, S. 390.

[2]) Journal de la société d'agronomie pratique 1830; vgl. von Trécul in „Acroissement des végétaux dicotylédonés ligneux“. Annales des sciences natur. 3. Série, XIX, Paris 1853.

[3]) Th. Hartig, Vollst. Naturgesch. d. forstl. Kulturpfl. Deutschlands. Berlin 1852. Abbildungenerklärung Tafel 70, Abb. 1—3.

entwickelt nun in seinem Umfange mehrere Lagen parenchymatischer Zellen, die sich wie das vorhandene Markstrahlgewebe grün färben. Durch die Vermehrung des parenchymatischen Gewebes um den Markstrahl herum entsteht ein schnell stärker werdender Calluswulst, der die mit Lentizellenbildung beginnende Korkschicht immer weiter nach außen drängt. „Das neue Zellgewebe entwickelt sich nicht etwa an einem Orte, vom lebendigen Markstrahl aus, sondern wie überall, bilden sich neue Zellen an allen Orten im Innern der vorgebildeten Zellen; diese resorbieren die Mutterzellen, erwachsen zur Größe derselben und erweitern die Masse in allen ihren Teilen. Trotz der Erweiterung des Callus durch das heranwachsende Zellgewebe behält daher der lebendige Teil des Markstrahls stets denselben Umfang, dieselbe Größe, Zahl, Form und Stellung des ihn konstituierenden Zellgewebes."

„Hat der Callus eine gewisse Ausdehnung erreicht, so werden einzelne Partien ungemein dickwandig, wie dies auch im normalen Verlauf des Rindenlebens der Fall ist (Steinzellennester). Weiterhin entwickelt sich an jeder Seite des lebenden Markstrahls, unfern der Spitze desselben, im Zellgewebe zwischen ihm und der Korkschicht ein Faserbündel, bestehend aus getüpfelten Holzfasern und Holzröhren." Durch Verschmelzung der einzelnen gleichnamigen Gewebezonen der bisher völlig isoliert gewesenen, warzenartig hervortretenden Neubildungen entsteht eine zusammenhängende, mit Korklage versehene Rindenschicht, welche nur durch die radiale Anordnung ihrer Zellelemente im Querschnitt von dem Bau der normalen Rinde abweicht. „An den Seiten der Markstrahlspitze schreitet die Entwicklung des Holzkörpers bis zur Bildung einer zusammenhängenden, vom Zellgewebe des alten wie von neu gebildeten, kleineren Markstrahlen durchsetzten Holzschicht vor. Die einzelnen Holzbündel bestehen aus Holzfasern und Holzröhren. Eigentliche Spiralfasern fehlen. Mit vorschreitender Entwicklung des Holzkörpers bildet sich auch eine Trennungslinie zwischen ihm und dem Rindenkörper (Meristemzone, Ref.) immer schärfer aus, obgleich weder von Bastfasern noch von Saftröhren eine Spur zu entdecken ist."

Die einen bedeutenden Fortschritt darstellenden Beobachtungen von Th. Hartig ergeben also, daß die Entwicklung der neuen Rinde auf einer Schälwunde auf Kosten der im Holzkörper vorhandenen Nahrungsstoffe geschieht und mit der Bildung eines Callusgewebes um die Markstrahlspitzen beginnt.

Welche Zellen den Anfang der Callusbildung hervorrufen, geht weder aus der Beschreibung noch aus den Zeichnungen hervor.

Diese Lücke füllt Trécul[1]) mit seinen eingehenden anatomischen Untersuchungen aus, die gleichzeitig die Beteiligung des gesamten, auf dem geschälten Holzstamm verbliebenen jungen Gewebes und nicht nur der Markstrahlen an der Kallusbildung nachweisen. Allerdings können unter besonderen Verhältnissen die Markstrahlzellen die Kallusbildung allein veranlassen; jedoch tritt ebensogut auch der Fall auf, daß von den jungen Holzzellen allein die Callusbildung eingeleitet wird.

An der Callusbildung beteiligen sich die jungen Holzzellen, Mark-

[1]) Trécul, Acroissement des végétaux dicotylédonés ligneux. Annales des scienc. nat. XIX, S. 165.

strahlzellen und die engen Gefäße durch Umwandlung in Parenchymzellen, die sich nun weiter vermehren[1]).

Die jüngsten auf dem Holzzylinder stehengebliebenen Zellen weiten sich aus; sie verlängern sich, und in ihrem Innern bilden sich Scheidewände; die Endzelle der jungen Calluszellreihen wird am größten und weitesten, oft kugelrund, dann keulenförmig gestreckt, und in diesem Zustande entsteht gewöhnlich eine neue Querwand. Die jetzt durch die Querwand hergestellte neue Endzelle wiederholt diesen Prozeß. Die darunter liegenden älteren Zellen strecken sich auch in die Länge und teilen sich.

Außer dieser Art von Callusbildung beobachtete Trécul noch einen anderen Fall. Während bisher die äußersten der stehengebliebenen Zellen sich durch Ausweitung und Abschnürung zum Callusgewebe entwickelten, kommt es auch vor, daß die äußersten Zellen nur eine geringe Entwicklung zeigen, und daß die unter denselben liegenden innersten jugendlichen Holzzellen die Rolle der eigentlichen Callusbildner übernehmen. Trécul bildet (t. 7, Abb. 11) einen Längsschnitt von *Ulmus* ab, dessen Callus am Rande aus kurzen, isodiametrischen Zellen besteht. Diese allmählich vertrocknende Schicht ist vom Holzkörper in die Höhe geschoben worden durch eine dicke Calluslage, deren ältere Zellen jetzt dem Holze anliegen, deren jüngste Zellen am weitesten vom alten Holze entfernt, unmittelbar unter der emporgehobenen, absterbenden Schicht liegen, sich lang radial gestreckt haben und bereits radial parallele Reihen bilden.

Beide Fälle der Callusbildung können gleichzeitig an demselben Exemplar vorkommen. Wahrscheinlich durch Vertrocknung der äußeren Schichten des bloßgelegten Kambialkörpers werden die innersten zur Vermehrung angeregt.

Wie sich aus Sorauers Versuchen ergibt, können die sämtlichen Zellen der kambialen Region, nicht allein die jungen Holzzellen, wie de Vries meint, sondern auch die jungen Rindenzellen an der Callusbildung teilnehmen. Es kommt lediglich darauf an, welche Zellschichten bei dem Abschälen der Rinde stehen bleiben. Löst sich die Rinde derart, daß nur einige diesjährige Splintzellen, die noch vermehrungsfähig sind, an dem alten Holzkörper verbleiben, dann muß von ihnen die Callusbildung ausgehen; wenn dagegen die allerjüngsten, kambialen Rindenzellen noch stehenbleiben, so übernehmen diese die Callusbildung, während der darunter liegende jugendliche Splint sich seiner Anlage gemäß zu differenziertem Holz mit Gefäßen ausbildet und nur darin sich verändert, daß alle Elemente kürzer, radial weiter und dünnwandiger werden.

Das trefflichste Beispiel für diesen Fall gibt Trécul[2]) in seiner Abb. 5, t. 3 von einer Linde. Wir verwenden diese (s. Abb. 209) zur Bestätigung unserer Ansicht. *B* bedeutet das junge, schon vor der Entrindung gebildete diesjährige Holz mit den Gefäßen *v*. *A* und *A'* ist nach Trécul das alte Holz des vorigen Jahres[3]). Der Riß, der die Rinde abhob, ist über dem

[1]) „Les fibres ligneuses, les rayons médullaires et les vaisseaux d'un petit diamètre eux-mêmes sont métamorphosés en tissu cellulaire proprement dit; car il y a une métamorphose réelle de ces organes élémentaires en tissu utriculaire ordinaire, et ensuite multiplication de ces utricules nouvelles."

[2]) Trécul, a. a. O., S. 167.

[3]) Es könnte auffallend erscheinen, daß der Jahresring bei *A'* mit ganz dünnwandigem Frühlingsholze abschließt. Es kommen aber in der Tat solche Fälle vor. Sorauer erhielt aus der Eifel krebskranke Lärchen im Januar, deren Jahresring nach dem Herbstholze noch sechs Zellen starke Lagen von dünnwandigem Frühjahrsholz gebildet hatte, und auch Graebner beobachtete bei Heidegehölzen, die im Sommer starke Stockungen erlitten hatten, ähnliche Bilder.

höchststehenden Gefäße *v* horizontal bis zu der mit *x'* bezeichneten Stelle verlaufen, hat sich von dort rechts abwärts gesenkt bis nahezu auf die dünnwandigen, letztgebildeten Zellen des Vorjahres, so daß die ganze Gruppe *g* als Neubildung zu betrachten ist. Bei *x* hat die gelöste Rinde nur die äußersten Schichten des jüngsten Holzes weggenommen oder vielleicht gar nur die zentrale Kambialzone gefaßt, so daß der sämtliche Splint stehengeblieben ist. Nun verlängern sich die äußersten Zellen schlauchförmig (*l*) und teilen sich, fortwachsend (*l'*), durch eine Scheidewand, worauf die abgeschnürte obere Zelle *r* jeder Reihe den Verlängerungsprozeß wiederholt.

Das junge Holz (Splint) hat sich durch die Verwundung, also durch die Aufhebung des Rindendruckes radial gestreckt, ist kurzzelliger und

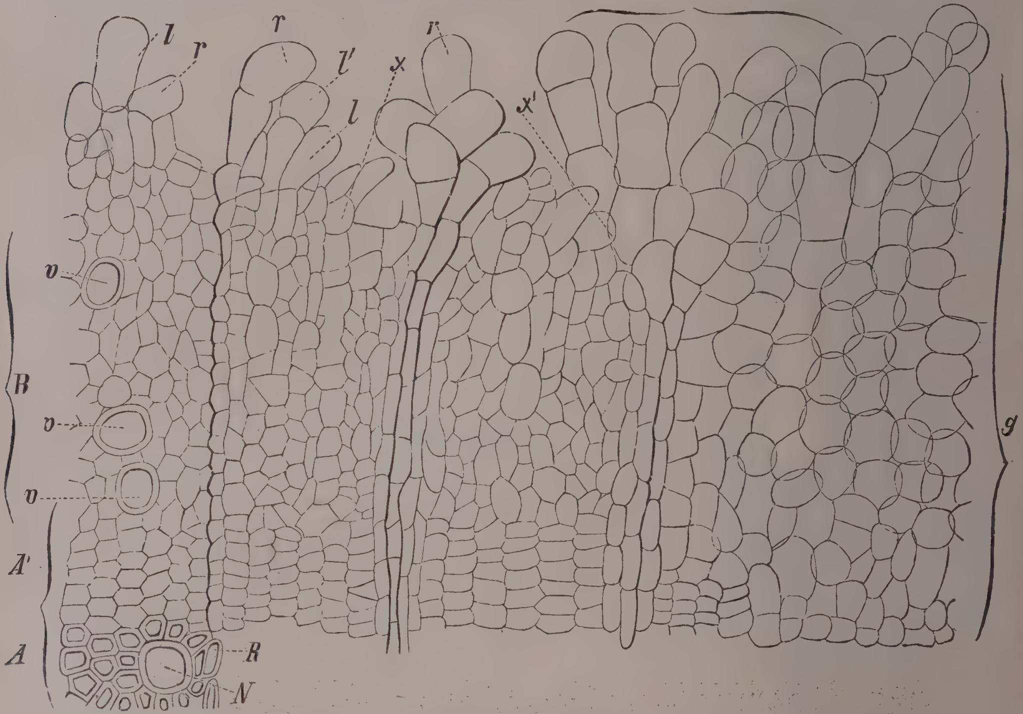


Abb. 209. Callusbildung aus jungen Rindenzellen bei einem geschälten Stamme[1]). (Nach Trécul.)

weitlumig geworden, ist dünnwandig verblieben, und die bereits angelegten Gefäße haben sich ausgebildet.

Nach *x'* hin ist mit der abgelösten Rinde auch der junge Splint fortgenommen worden, und auf dem Holze des vorigen Jahres sind nur wenige junge Holzzellen dieses Jahres stehen geblieben; diese haben nun die Callusbildung übernommen und natürlich gefäßlosen Callus gebildet, der weitzelliger geworden und schneller ein größeres Volumen angenommen hat als die anliegende Partie, deren Dickenausdehnung er auf diese Weise erreicht hat[2]).

[1]) Vgl. auch Hypertrophie bei Küster, E., Pathol. Pflanzenanatomie, S. 65ff.

[2]) Wir geben zur Charakterisierung der Trécul schen Auffassung dessen Abbildungenerklärung, a. a. O., S. 191: *A*, *A'* bois de l'année précédente *V* vaisseaux de ce bois; *R* rayons

Zur Nachprüfung der von den früheren Beobachtern geschilderten Vorgänge wurde eine größere Anzahl kräftiger, etwa fünfjähriger Süßkirschstämme im Juli geschält. Der obere und untere Teil der Schälstelle wurde auf eine Länge von 2—4 cm mit dem Messer zur Vernichtung des Splintes abgekratzt, der übrige Teil der Schälblöße aber unberührt gelassen (s. Abb. 210). Ein Teil der im freien Lande erwachsenen Versuchsbäumchen wurde aus seiner natürlichen vertikalen Stellung durch Bänder in eine zur Erdoberfläche geneigte Lage herabgezogen.

Die Neuberindung erfolgte nicht bei allen Exemplaren, bei einigen aber in vorzüglichem Maße. Unter letzteren zeigten sich Stämmchen, die allseitig neue Rinde gebildet hatten mit Ausnahme der gänzlich abgetrockneten, abgekratzten Stellen in der Nähe des oberen und unteren Schnittrandes. Die neue Rinde stand also außer jeglichem Zusammenhange mit der alten. Die Anfänge hatten sich allseitig zu gleicher Zeit gezeigt. Die Dicke der Neubildung war aber in dem unteren Teil der Schälblöße mehr als doppelt so groß wie am oberen Teil, ja, am unteren Rande war die neue Rinde stellenweise in kurzen, tropfenartig sich verdickenden Streifen auf die abgekratzte untere Isolierstelle gesunken. Bei einem geneigten Stämmchen hatte sich der Rindenfortsatz von der abgekratzten Stelle abgewendet und nach der Erde hin zu wachsen versucht, wie Abb. 210, *e'* zeigt.

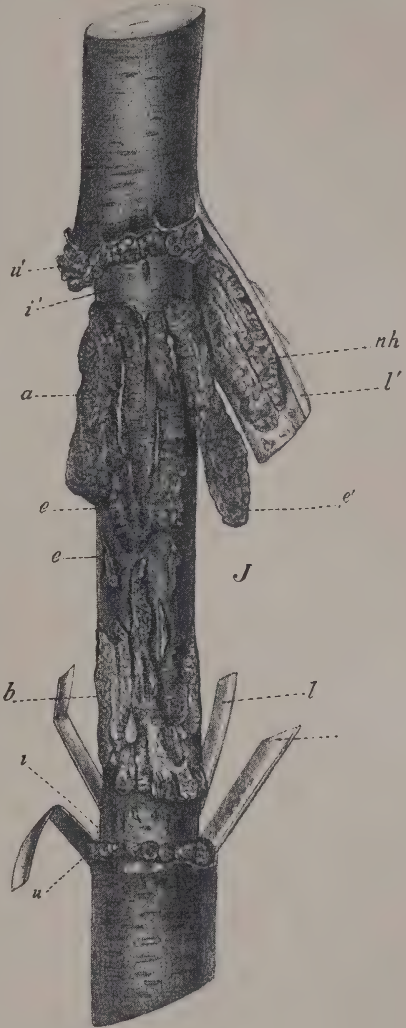


Abb. 210. Geschälter Stamm einer Süßkirsche, dessen Schälstelle am oberen und unteren Teile alles jugendlichen Gewebes beraubt worden ist. (Orig. Sorauer.)

In Abb. 210 ist *u* der untere, *u'* der obere Überwallungsrand der Schälblöße. Dieser Überwallungsrand, der im Bau dem Ringelwulst der Weinrebe gleicht, ist hier nicht am ganzen Umfange ausgebildet worden, da ein Teil der Rinde in Lappen *l* und *l'* stehengelassen worden ist. Auf diesen Lappen hat sich stellenweise auf kurze Entfernung von der Ansatzstelle her Neuholz mit Rinde (*nh*) gebildet. Die eigentliche Schälblöße des Stammes ist dadurch von jeder Verbindung mit den Überwallungsrändern *u u'* abge-

médullaires — *B* jeune bois formé au printemps avant la décortication. Tous les éléments de ce jeune bois, et la partie la plus externe *A'* de celui de l'année précédente, ont subi un amincissement dans leur membrane. Les cellules externes des rayons médullaires *R* ont donné lieu à une multiplication utriculaire, quelquefois abondante, en *r*. La multiplication commence aussi en *l*, *l'* dans les éléments du tissu ligneux. En *g*, cette multiplication s'étend à toute la couche de l'année et meme aux fibres ligneuses les plus externes *A'* de l'année précedente. Les vaisseaux qui existaient primitivement dans la couche de cette année, comme en *B*, *v*, sont disparu en *g*.

schnitten worden, daß bei *i* und *i'* das junge Holz, wie bereits erwähnt, rings am Stammumfange abgekratzt und auf diese Weise ein Isolierstreifen hergestellt worden ist. Auf der von jeder Verbindung mit den Rinden- und Splintschichten abgeschnittenen Schälblöße haben sich Neubildungen von Rindenelementen mit Holzanfängen eingestellt, welche keinen zusammenhängenden Mantel bilden, sondern aus einzelnen, inselartigen Gruppen bestehen. Bei anderen, vorsichtiger geschälten Stämmen ist die neue Rinde vollkommen gleichmäßig über die Schälblöße ausgebreitet. In der Mitte der Schälblöße ist hier eine wellige Zone des bloßgelegten Holzkörpers ohne jede Neubildung geblieben. Die neue Produktion *b* hängt also mit der oberen *a* gar nicht zusammen; die obere *a* ist bedeutend dicker.

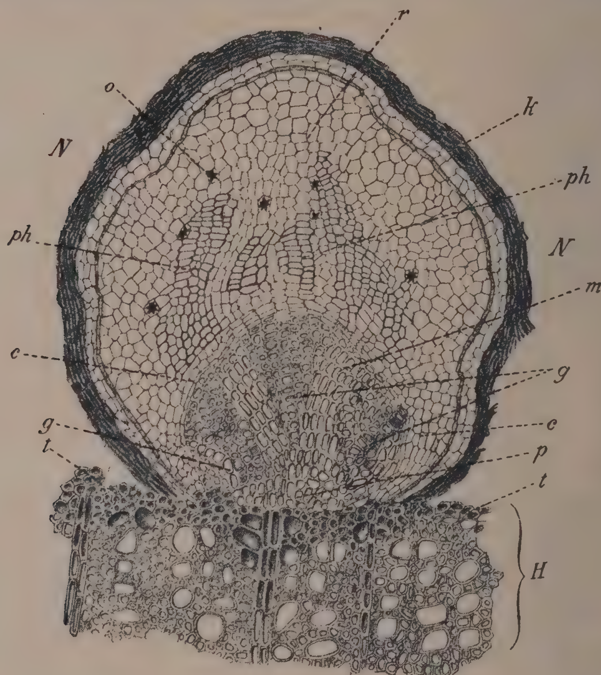


Abb. 211. Querschnitt durch eine neu entstandene Gewebeschwiele auf dem bloßgelegten Holzkörper eines geschälten Süßkirschenstammes. (Orig. Sorauer.)

Beiden gemeinsam und bei allen ähnlichen Neubildungen auf anderen Stämmen ebenso deutlich erkennbar ist die von oben nach unten zunehmende Dicke bei jedem einzelnen Gewebestreifen, der in seinem Ansehen durchaus die Erscheinung nachahmt, welche die herabrinnenden Massen einer schlecht brennenden Kerze darstellen. In der Tat ergießt sich das untere, im Bau dem Ringelwulst gleichende Ende der Neubildung tropfenförmig über die nackt gebliebenen Stellen des Holzkörpers *e e*; ja, an den absichtlich schräg gehaltenen Stämmen löst sich die Neubildung, wie bei einer schräg gehaltenen, brennenden Kerze das Paraffin, von der Achse los und wächst, der Schwerkraft folgend, als isolierter Zopf senkrecht abwärts (*e'*).

Um nun zu zeigen, daß die einzelnen kleinen Inseln, wie solche von Meyen, Th. Hartig und anderen beobachtet worden sind, nicht etwa

allein Markstrahlproduktionen sind, ist eine solche inselartige Neubildung in Abb. 211 im Querschnitt, in Abb. 212 im Längsschnitt dargestellt worden. Abb. 211, *H* zeigt das alte Holz, dessen Schälfläche *t—t* zum Teil abgestorben ist; nur der mittlere Teil hat sich zu einer neuen Produktion *N—N* angeschickt.

Die Produktion begann unter Abhebung der äußersten Zellenlage durch die schnell entstehenden Teilprodukte der nächstinneren Splintschicht,

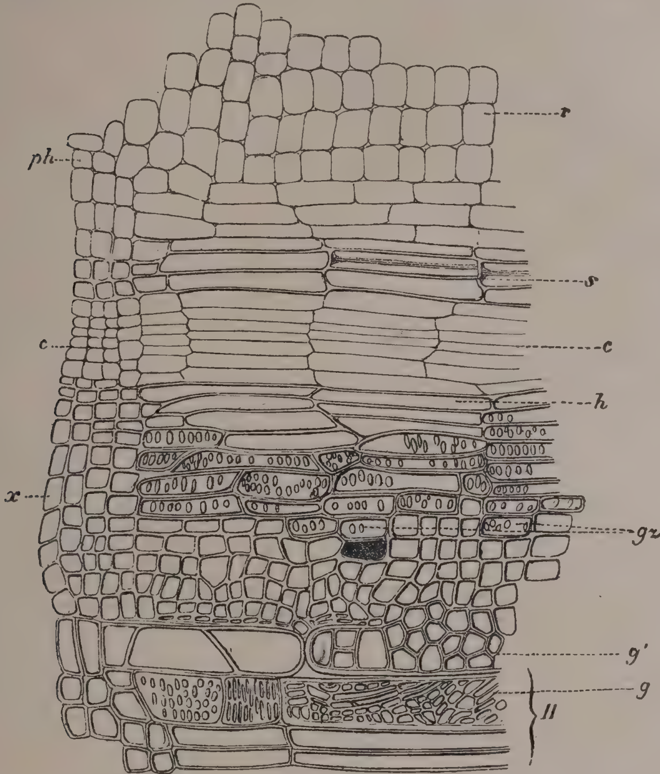


Abb. 212. Längsschnitt durch die Basalpartie von Abb. 211, etwa in der von *g* bis *p* befindlichen Zone. (Orig. Sorauer.)

und zwar sowohl der jungen Holzzellen samt den Gefäßen als auch der Markstrahlzellen.

Nach baldiger Umgrenzung der verhältnismäßig spärlichen Neubildung aus parenchymatischem Gewebe (*r* bis *p*) durch die dicker werdende Korkzone *k* erscheint sehr früh, und zwar erst strangweise, dann zusammenhängend eine innere Meristemzone, das neue Kambium (*c* bis *c*), das nun das sekundäre Wachstum des neuen Rindenkörpers übernimmt.

Dadurch unterscheiden sich auch sehr wesentlich die beiden Wachstumsvorgänge, die bei der Neuberindung von Schälstellen eintreten können. Wenn, wie dies bei umschlossenen, feucht gehaltenen Wunden der Fall ist, die neue Rinde mit mächtiger Callusproduktion unter lange anhaltender Teilung der peripherischen Zellen beginnt, wie sie Abb. 209 zeigt, tritt die Bildung der äußeren Korkzone und namentlich die Entstehung der

inneren Meristemzone sehr spät ein. Im Gegenteil hiervon zeigen, wie im vorliegenden Falle, die der heißen Sommersonne schutzlos ausgesetzten Wundstellen den zweiten Vorgang, indem die äußersten der stehengebliebenen Zellen ihre Außenmembranen schnell verdicken, wobei sie zusammensinken und auf diese Weise den nächstinneren Schichten den nötigen Schutz vor Austrocknung gewähren; hier findet nur geringe Parenchymbildung und sehr baldiges Auftreten der Kambiumzone statt. Es scheint somit, daß die innere Meristemzone sich in einem Callus um so schneller ausbildet, je schneller sich durch Verkorkung ein genügender Rindendruck herstellt.

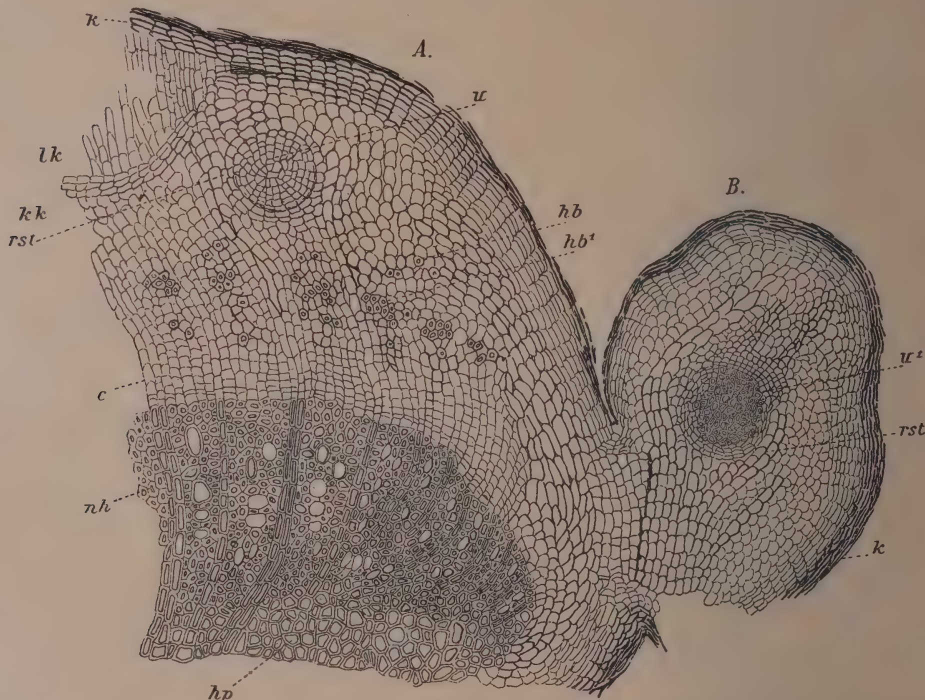


Abb. 213. Neugebildeter Holz- und Rindenkörper auf einer Schälwunde eines Kirschenstammes. Die Rinde zeigt Lentizellenwucherung. (Orig. Sorauer.)

Sorauer erzielte an geschälten und geschützten Süßkirschenstämmen (vgl. unten S. 715) eine dicke Lage weichen, braunen Wundkorkes (s. S. 683, 700), ähnlich dem seit langer Zeit an den geschälten Stämmen der Korkeiche (*Quercus suber*) hervorgerufenen „Jungfernkork“, aus dem die Flaschenkorke hergestellt werden.

Die nächste Produktion der neuen Kambiumherde (Abb. 211, *c*—*c*) besteht in der Anlage isolierter, neuer Gefäßbündelstränge, die, mit einzelnen kurzen Gefäßzellen (*g*) beginnend, mit zunehmendem Alter die Zahl und Größe ihrer Elemente schnell vermehren und so eine keilförmige Gestalt erlangen, welche die anfänglich ungemein breiten Markstrahlregionen (*m*) immer mehr verengen, bis Bau und Lagerung der Elemente das normale Stadium des ungeschälten Stammes erreicht haben. Zu jedem Xylemteil

gehört ein Phloëmteil (*ph*), in dessen Nähe zahlreiche Zellen mit oxalsaurem Kalk (*o*) erscheinen.

Abb. 213 ist eine mehrere Monate alte Neubildung, die in Form einer breiten, lappigen Schwiele auf dem Splintholz eines experimentell geschälten Süßkirschenstammes sich angesetzt hat. Der alte Holzkörper des geschälten Stammes ist in der Zeichnung fortgelassen worden; er würde an *hp* anstoßen. Das aus seinem Splint hervorgegangene Gewebe hat sich durch Auftreten der Kambiumzone *c* scharf in einen Holz- und Rindenkörper differenziert. Der Holzkörper ist an der Stelle, an welcher er dem alten Stamme aufsitzt, parenchymatisch gebaut; erst später geht dieses Parenchymholz *hp* in gefäßführendes, Libriformfasern ausbildendes Neuholz *nh* über. Entsprechend der erst allmählich zum normalen Bau gelangenden Holzbildung ist auch der Rindenaufbau anfangs unregelmäßig, indem die Hartbastkörper zunächst in Form einzelner, weitlumiger, kurzer Elemente *hb* angelegt werden und erst später aus dem Kambium als zusammenhängende Gruppen faserartig gestreckter Elemente *hb'* hervorgehen[1]).

Der Rindenkörper der Neubildung hat in seinen peripherischen Parenchymschichten eine schützende Korklage *k* ausgebildet, die allmählich zu größerer Mächtigkeit gelangt ist. Anfangs war nur Tafelkork angelegt worden; später haben sich an einzelnen Stellen Füllkorkmassen *lk* statt der Tafelkorkzellen entwickelt, welche die aus letzterer Zellform gebildete Decke *k* zersprengt und durch ihre rückwärts greifende Vermehrung das Korkkambium *kk* tief nach innen gedrückt haben.

Wir sehen, daß das Auftreten der Gefäßbündel in dem parenchymatischen Grundgewebe dasselbe wie in dem Ringelwulst ist. So ist es überall, wo eine parenchymatische Grundmasse von größerer Ausdehnung gebildet wird. Durch Querfächerung einer Anzahl zunächst in der Form von der Grundmasse nicht verschiedener oder wenig radial und longitudinal gestreckter Zellen bilden sich Meristemherde, von denen aus die Anlage dickwandiger Gewebeelemente erfolgt. Bei von Anfang an sehr üppiger, kallöser Zellvermehrung können im Innern der älter werdenden Gewebemassen gleichzeitig zwei parallele Zonen von Meristemsträngen entstehen, die zwei isoliert fortwachsende Holzkörper erzeugen, welche erst bei größerer Dicke miteinander verschmelzen. Die Bildung isolierter Gefäßbündel in der Rinde unserer Bäume ist keine außerordentliche Seltenheit (vgl. bei Knollenmaser).

Die ersten Vorgänge im Splint des geschälten Kirschbaumes erkennen

---

[1]) Nebenbei sei auf die mit der Lohkrankheit in keinerlei Verbindung stehende, aber in der Zeichnung wiedergegebene Bildung von Knollenmaseranfängen (*B*) hingewiesen. Es entstehen nämlich bei lokaler Anhäufung plastischen Materials, wie z. B. bei Neubildungen in der Nähe von Wunden bei verschiedenen Bäumen (Kirsche, Apfel, Birne, Kiefer) isolierte Holzkörper in der Rinde. Als Zentrum derartiger Holzbildungen von kugelig-schwielenförmigem Bau erkennt man sehr häufig eine oder mehrere Hartbastzellen.

Der Fall, daß (namentlich erkrankte) Hartbastzellen umwallt werden, ist bei Verwundungen des verschiedensten Ursprungs ein sehr häufiges Vorkommnis. Die Umwallung besteht meistens nur aus einem mehrschichtigen Mantel tafelförmiger Korkzellen. In einzelnen Fällen aber bildet sich an Stelle eines bald erlöschenden Korkkambiums eine dauernd tätige Kambiumlage aus, welche nach innen Holzelemente, nach außen Rindenelemente anlegt. Ein solcher Fall ist in der schwielenartigen Gewebewucherung *B* bei *u'* dargestellt, während bei *u* im linken Teil der Abbildung (*A*) nur eine Korkumwallung um eine der erstentstandenen, isolierten Hartbastzellen zu sehen ist. Um diese Neubildungen weichen die Rindenstrahlen *rst* wie um einen fremden Körper zu beiden Seiten aus.

wir in Abb. 212, die einen Längsschnitt aus der Basis der Randpartie von Abb. 211 darstellt. *H* ist das alte, durch den Schnitt nicht mehr alterierte Holz mit längsmaschigen Netzgefäßen (*g*). In der nach außen folgenden Splintschicht hat der Schnitt schon derartig auf das in der Ausbildung weit vorgeschrittene Gefäß *g'* gewirkt, daß der Innenraum desselben sich mit Thyllen füllte und diese zu neuer Zellbildung verwendet und zu parenchymatischem Holze umgewandelt wurden. Die neue Lage von Parenchymholz besteht nur aus wenigen Zellen und zeigt alsbald die ersten Anfänge dickwandigerer Elemente in Gestalt kurzer, poröser Gefäßzellen *gz* als erste Produktion der neu gebildeten Kambiumschicht *c—c*. Jede folgende spätere, aus dem Kambium hervorgegangene Gewebeschicht zeigt schon längere Gefäße; bei *h* finden wir bereits dünnwandige, zwar noch verkürzte, aber den normalen Holzzellen unverkennbar ähnliche Elemente, denen entsprechend bei *s* die Weichbastelemente in der Rinde *r* auftreten; *x* ist Xylemstrahl, *ph* Phloëmstrahl (vgl. auch Abb. 211).

Während im ersten Frühjahr, in welchem sich die Rinde leicht löst, in der Regel am ganzen Stammumfange durch das Abschälen die gleichnamigen Zellen zerrissen werden und somit eine etwaige Wiederberindung, von gleichartigen Elementen ausgehend, auch gleichartig wird, sehen wir zur Zeit der Blattentwicklung bis zum Juni hinein die Schälwunden immer unregelmäßiger werden. Es bleiben an einer Stelle des Holzzylinders mehr Zellgruppen stehen wie auf einer anderen, und demgemäß sind die Neubildungen verschieden. Es kommt dann vor, daß gefäßführende Stücke des diesjährigen Splintes durch ein darunter entstandenes, kallöses Gewebe in die Höhe getrieben werden.

Wenn man die Schälwunden ganz unbedeckt läßt, wird der Eintritt einer Neuberindung in manchen Fällen zweifelhaft; sie gelingt nach Sorauers Versuchen besser im Juli und, bei manchen Bäumen, im August wie im April, Mai und Juni. Ahorn und Erle müssen früher geschält werden; zahlreiche Versuche mit diesen Bäumen im August waren sämtlich ohne Erfolg.

Untersucht man eine Schälwunde, welche in der heißen Mittagstunde bei intensiver Sonnenbeleuchtung gemacht und ohne jeden Schutz gelassen worden ist, nach einigen Stunden (zum Versuche wurden Süßkirschen benutzt), so findet man zunächst die Farbe des ursprünglich weißen Holzzylinders in Gelb übergegangen. Diese Färbung verdankt die Wundfläche vorzugsweise den Markstrahlzellen, deren Wandung sich gebräunt hat.

Die Bräunung ist auf der Südwestseite intensiver als an der Nordostseite.

Die Markstrahlen kennzeichnen sich leicht dadurch, daß sie sofort bei Entfernung der Rinde über die Schälfläche etwas hervorgewölbt erscheinen.

Dieser Umstand deutet darauf hin, daß die Markstrahlzellen in derselben radialen Entfernung von der Mittellinie des Stammes ein stärkeres Ausdehnungsbestreben haben als die jungen Holzzellen, also sich darin ähnlich verhalten wie die echten Markzellen.

Ein solches Vorauseilen der Markstrahlen wird sie zum Schwellgewebe stempeln, welches dem neu entstehenden Holzgewebe in der Richtung des Stammradius Raum schafft.

Zum Teil kommt dieses Hervortreten der Markstrahlgruppen auch durch das in der Regel nach der Schälmanipulation erfolgende schnellere

Hervorwölben ihrer äußeren Wandung zustande, die (schutzlos) sich sehr schnell verdickt und bräunt.

In den Markstrahl- und jugendlichen Holzzellen, die unmittelbar unter der Wundfläche liegen, vermehrt sich der Zellinhalt; es treten Plasmamassen und später Stärke auf; erstere ballen sich bei Glyzerinzusatz zu einzelnen, gelben Kugeln. Unter der äußersten Zellschicht, welche alsbald zusammensinkt und nun einen schützenden Mantel für das darunter liegende junge Gewebe darstellt, beginnt die Neubildung von Zellen durch Auftreten von Querwandungen. In den Markstrahlzellen, welche auch hierbei in der Regel vorauseilen, wird durch die Neubildung häufig der Markstrahl verbreitert, indem seine seitlichen Zellen sich fächerartig über die angrenzenden Holzzellen auszubreiten suchen.

Es ist bereits gesagt worden, daß aber manchmal auch die Markstrahlzellen ganz oder teilweise in der Entwicklung zurückbleiben können; dann legen sich die parenchymatischen, hier nie rundlichen, sondern stets polygonalen Kalluszellen, welche aus den jugendlichen Holzfasern hervorgegangen sind, über die Markstrahlgruppen hinüber. In der Regel aber beteiligt sich das gesamte Gewebe gleichmäßig an der Bildung einer schmalen Calluslage, welche die äußersten vertrocknenden und dadurch eine Schutzschicht darstellenden Zellen vom alten Holze abhebt.

Während bei den in feuchter Luft unter schützendem Verschluß gehaltenen Schälstellen die Callusbildung durch wucherndes Spitzenwachstum der einzelnen Zellreihen sehr bedeutend ist, erreicht sie hier bei den ungeschützten Schälstellen nur geringe Dimensionen. Unter der vertrockneten äußeren Zellschicht tritt alsbald Korkbildung (Wundkork, Jungfernkork vgl. S. 683, 722) auf, welche nun einen schnürenden, fest schützenden Gürtel für das darunter liegende junge ergrünende Gewebe darstellt.

Bei der Neuberindung einer Schälstelle kommt auch noch ein dritter Fall vor. Wenn nämlich die Schälwunde in der Weise hergestellt worden ist, daß junge Rindenzellen die äußersten Lagen des bloßgelegten Holzkörpers darstellen, dann leiten diese zunächst die Callusbildung ein, und die eigentliche Kambiumschicht erleidet nur geringe Störungen.

Der Übergang des Callus in das normale Gewebe findet im allgemeinen in der Weise statt, daß nach Beginn der Korkzellenbildung am Umfange des Callus zunächst tiefer im Innern desselben vereinzelte, kurzzellige Gefäßstränge auftreten. Etwa in derselben radialen Richtung, aber mehr in der Nähe der Randzone, findet man um diese Zeit kurze, dickwandige, schwach poröse, unregelmäßig gestaltete oder auch polygonale Zellen, welche die ersten Spuren einer Bastbildung andeuten. Bei manchen Bäumen finden sich vereinzelt oder bald zu Gruppen vereinigt die ersten Bastelemente in Form von Steinzellennestern. In einer Zone zwischen den Bast- und den Gefäßelementen findet man Zellen mit trüberem, dichterem Inhalt. In diesen treten eine Menge parallelwandiger, in der Richtung der Längsachse des Stammes etwas gestreckter Zellen auf, welche die erste Anlage des neu sich bildenden Kambiums sein dürften. Von diesem Kambium aus entstehen allmählich die langgestreckten Elemente, die sich endlich zu normalen Holz- und Hartbastzellen ausbilden. Nur lange, enge Spiralgefäße scheinen nicht mehr angelegt zu werden.

Mit der Ausbildung dieser spätest erscheinenden normalen Hartbastzellen dürfte sich die neue Rinde auch in ihrer Funktion der unversehrt gebliebenen angeschlossen haben.

Inschriften und Wildschaden[1]).

Als spezielle Fälle einer gewöhnlichen, mit Substanzverlust verbundenen Längs- und Querwunde, die bis in das alte Holz hinein sich erstreckt, sind die in Stämme eingeschnittenen Schrift- und Zahlenzeichen zu erwähnen sowie die unregelmäßigen Nage- und Bißstellen, welche im Winter durch Verbeißen des Wildes entstehen.

Bei den Schriftzeichen hat das Messer bedeutende Mengen alten Holzes entfernt, ist also tiefer in den Stamm eingedrungen; dafür aber hat die Wunde eine geringere Ausdehnung in die Breite. Die Verheilung der tiefen Schriftrinne erfolgt von den Längsrändern der Wunde aus; der obere und untere Wundrand sind hier nur in ganz unbedeutendem Maße beteiligt. Die aus der Kambiumzone hervortretenden, mit eigener Rinde versehenen Wundränder legen sich alljährlich schichtenweise übereinander in die Wundrinne hinein, dieselbe nach und nach ausfüllend, ohne sich natürlich mit dem alten Holze, dessen äußerste die Wunde begrenzenden Zellschichten sich bräunen und absterben, jemals zu vereinigen; sie bilden nur eine fest anliegende Masse, wie das Metall in einer Gußform. Mit dem Augenblicke, wo die beiden entgegengesetzten Wundränder eines jeden Schriftzeichens miteinander verschmelzen, also ihre Kambiumzonen miteinander sich vereinigen, bilden dieselben auch wieder normal gestellte Holzelemente, die durch die alljährlichen Zuwachszonen immer stärker werden und damit die ehemaligen Schriftzeichen immer tiefer in den Stamm hineinrücken lassen. Ein glücklicher Schlag bei dem Spalten des Holzes trennt dann die nicht verletzt gewesenen Zwischenschichten zwischen den einzelnen Zahlen oder Buchstaben, und die ehemalige Gußform fällt von der hineinergossenen Holz- und Wundkorkmasse ab.

Bei Wildschaden sind die Verletzungen breiter, unregelmäßiger, aber in der Regel nur bis in den Splint reichend.

Wird der Stamm an seinem ganzen Umfange der Rinde und des Splintes beraubt, so vertrocknet er, wie es für die Schälwände geschildert wurde. In der Regel findet das Verbeißen und Schälen durch das Wild nur an einzelnen Stellen des Stammumfanges statt, und dann erfolgt allmählich von den Rändern der stehengebliebenen Rindenpartien aus die Bildung von Überwallungswülsten. Wenn solche Überwallungsränder in einem späteren Jahre vor Schluß der ersten Verwundung wiederum verletzt werden, erhält der Holzkörper sehr verwickelte Jahresringbildungen.

Je nach der Art des Wildes sind die Beschädigungen verschieden. Nach Ratzeburg[2]) „schält" Rot- und Elchwild (Rehe nicht), indem es mittels der Schneidezähne Rindenlappen zum Zweck der Nahrung meist im Frühjahr unten löst und dann nach oben zu abreißt. Die Heilung vollzieht sich dann entweder durch Überwallung oder auch wohl in einigen Fällen durch Neuberindung (s. Schälwunden). Durch Fegen und Schlagen erfolgt auch eine Entrindung; aber hier bleiben Überreste der halb gelösten Rinde an den Rändern der unbeschädigten in Form von Lappen oder kleineren, schnell trocknenden und daher gekräuselten Fetzen stehen; auch fehlen selten die Spuren von Haaren an der Rinde. Da Hirsche und Rehböcke während des Fegens mit dem Gehörn auf und nieder fahren, um dieses vom „Bast" zu reinigen, so sind auch die Fegewunden länger und gehen häufiger als Schälwunden rings um den Stamm. Nun schlägt

[1]) Vgl. auch Frank, A. B., Krankh. d. Pfl., S. 63ff.

[2]) Waldverderbnis I, S. 50ff.

das Reh den Bast im Februar und März ab, der Hirsch um Johannis, das Dammwild vier Wochen später. Letztere Wunden fallen also in die Periode, in welcher der Baum seine größte Menge plastischen Materials disponibel hat; ihre Verheilung wird daher weit schneller erfolgen als die der Winter- und Frühjahrswunden. Hier kommt es auch vor, daß die Wunde gar nicht einmal das Kambium erreicht, sondern nur die äußeren Rindenschichten wegnimmt. Bleibt die Innenrinde stehen, so entwickelt sich unter derselben der Jahresring aus dem Kambium fast normal weiter, wenigstens soweit dies die Anordnung der Holz- und Gefäßelemente betrifft. Die Holzzellen sind aber meist dünnwandiger und weitlumiger, die Gefäße häufig zahlreicher, der ganze Jahresring breiter. Ist die Witterung feucht oder der Standort der Bäume schattig und feucht, dann entwickelt sich auf der Außenseite aus den stehengebliebenen Zellen der jüngsten Rinde manchmal ein Kallusgewebe, das zu neuer Rindenbildung, bei üppigen Bäumen in selteneren Fällen zur Bildung isolierter Holzkörper in der Rinde führt.

Das Schlagen und Aufplatzen der Rinde kommt auch außer der Fegezeit und Brunstzeit vor, im Nachsommer. Hier stellt sich oftmals eine andere Wundheilung ein, indem sich auf dem vom abgehobenen Rindenkörper befreiten Holzkörper aus den jüngsten Splintschichten kallöses Gewebe bildet, das die Lücke ausfüllt, ähnlich wie bei okulierten Stämmen (s. Okulation).

Ferner haben wir noch der Nagewunden zu gedenken, wie sie durch Mäuse, Biber, Kaninchen und Hasen hervorgebracht werden. Letztere schneiden mit ihren Zähnen zwar lieber junge Zweige oder schwache Pflanzen ganz ab. Das eigentliche Nagen, das besonders unseren Osbtbäumen so verderbenbringend ist, erfolgt meist nur bei hohem Schnee. Die Wunden gehen bis auf das ältere Holz, an dem man die Zahnspuren erkennt. Entstehen sie rings um den Stamm in zusammenhängender Fläche, dann ist der Baum verloren; bleiben dagegen einzelne Rindenpartien stehen, so erfolgt von diesen aus eine Überwallung.

Nach v. Berg soll das Fällen von Espen und Salweiden, die vom Wilde alsbald geschält werden, die übrigen Bäume vor Verletzungen schützen. Wir streifen dieses Kapitel des Wildschadens nur durch Hinweis auf die anatomischen Vorgänge der Wundheilung. Der Gegenstand findet sich in einer Arbeit von Eckstein[1]) sehr ausführlich behandelt. Im Urwalde von Bialowies waren oft umgeworfene Espen bis in die jungen Zweige völlig geschält, die Einwohner behaupten durch die (früher noch zahlreich vorhandenen) Wisente, deren Lieblingsfutter sie neben *Viscum* sein sollen.

Lebensdauer entrindeter Stämme.

Betreffs der Lebensdauer ringsum geschälter Stämme liegen eine größere Anzahl von Angaben vor. So teilte Parent im Jahre 1709 der Akademie folgende Beobachtung mit: Eine Rüster in den Tuilerien, welche bei Beginn des Frühjahrs 1708 in ihrer ganzen Höhe der Rinde beraubt wurde, entwickelte trotzdem ihre Blätter, wenn auch etwas weniger kräftig, und behielt sie den ganzen Sommer über.

Duhamel[2]) spricht sich dahin aus, daß ein Baum mit unbedeckt bleibender Schälwunde allmählich (zuweilen erst nach vier Jahren) zugrunde gehe.

---

[1]) Eckstein, Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. Berlin 1904, Paul Parey.
[2]) Physique des arbres II, S. 46.

Einen ähnlichen Fall wie Parent erzählt Richard in der Sitzung der Akademie vom 11. Mai 1852 als etwas ganz Außergewöhnliches, da in der größten Zahl der Fälle die Bäume nach solchen Beschädigungen alsbald sterben.

Diesen letzteren Ausspruch bestreitet Gaudichaud (Compt. rend. vom 31. Mai 1852), indem er auf Bäume in St. Cloud, in Luxemburg und in Fontainebleau hinweist, welche nach solchen Verletzungen noch eine große Anzahl von Jahren gelebt haben, obgleich die Oberfläche des entblößten Stammes schon teilweise zerstört war.

Derselbe Botaniker kommt in der Sitzung der Akademie vom 7. März 1853 auf diesen Punkt zurück und führt nun die Linde von Fontainebleau[1]) an. Nach Trécul ist dieser Baum gegen das Jahr 1780 gepflanzt und 1810 sehr unregelmäßig durch Erdkarren entrindet worden Die entrindete Stelle war auf der Nordseite 32 cm lang und begann 57 cm oberhalb des Bodens; dagegen maß sie auf der Südseite 4,05 m und begann gleich an der Bodenoberfläche. Die Entrindung war am ganzen Stammumfang eingetreten, und trotzdem hatte der Baum noch 44 Jahre gelebt (er ist im Jahre 1854 gestorben); der Durchmesser oberhalb der Wundstelle betrug 20 cm, unterhalb derselben 18 cm. Die Oberfläche des entrindeten Holzkörpers, der in der Mitte der Wundstelle am meisten Substanz durch die Erdkarren verloren hatte und dort nur einen größeren Durchmesser von 10 cm und einen kleineren von $5^1/_2$ cm besaß, war gänzlich wurmstichig und vertrocknet. Nach Entfernung des toten Holzmantels ergab sich die lebendig gebliebene zentrale Partie nur noch von $2^1/_2$ cm Dicke; sie war sehr saftreich und machte den Eindruck jungen Holzes. Durch diesen schmalen Zylinder mußte fast die ganze Wurzelnahrung für den Gipfel des alten Baumes aufwärts wandern, und doch entwickelte sich derselbe im Jahre der Beobachtung, also am 29. März 1853, ganz ebenso früh, war ebenso reich mit Blättern und Blüten versehen wie die anderen Linden. Nur entlaubte sich der Baum, der übrigens an seiner Basis eine Anzahl 5—6 cm dicker, reich verzweigter und belaubter Schossen getrieben hatte, schon im August.

Diesen Schossen schreibt Trécul die Erhaltung des unterhalb der Entrindung belegenen basalen Stammteiles zu; sie bereiten ihm das plastische Material, das ein normaler Stamm durch den Rindenkörper aus der Baumkrone empfängt.

Einen analogen Vorgang bei einem Birnenaste, der nahe seiner Ursprungsstelle vollständig der Rinde und des Splintes beraubt worden war und dennoch mehrere Jahre fortgelebt hat, beschreibt Lindley[2]).

Th. Hartig sah eine ringförmig geschälte Linde auch noch 9 Jahre nach der Operation leben und in ihrer Fruchtbarkeit sogar vermehrt[3]).

Hofgärtner Reinecken in Greiz berichtet über einen 10 cm starken Ulmenpfröpfling, der mit seiner Unterlage seit 6 Jahren nicht durch die Rinde, sondern nur durch das Holz in Verbindung geblieben war. Garteninspektor Roth in Muskau sah ferner eine $^3/_4$ m starke Rotbuche von 25 Fuß Höhe, welche während einer 45jährigen Lebenszeit mit dem Mutterstamm niemals durch die Rinde (wie Göppert angibt), sondern nur durch

---

[1]) M. A. Trécul, L'influence des cortications annulaires sur la végétation des arbres dicotylédonés. Annales d. scienc. nat., 4. Serie, III, Botanique (1855, S. 341).

[2]) Gardeners Chronicle vom 13. Nov. 1852, S. 726.

[3]) Hartig, Th., Folgen der Ringelung an einer Linde. Bot. Zeit. 1863, S. 286.

die Holzlagen in Verbindung gewesen ist und dennoch kräftig wuchs; sie wurde schließlich durch den Wind abgebrochen. Im Botanischen Garten zu Breslau blühte alljährlich eine 14 m hohe und $^1/_3$ m dicke Linde, die in einer Länge von $^1/_3$ m gänzlich und sorgfältig im Jahre 1870 entrindet worden und oberhalb der Schälstelle nur in den ersten zwei Jahren eine Überwallungsschicht von kaum 2 cm Länge getrieben hatte[1]).

Die Folgen des Schälens lassen sich im voraus nicht bestimmen. Die Lebensdauer der geschälten Stämme hängt wesentlich von der Baumart ab. Am leichtesten vertragen schnellwüchsige Laubhölzer derartige tiefgehende Verwundungen. Über das Verhalten der Nadelhölzer liegen genügende Erfahrungen noch nicht vor. Hartig[2]) fand keine Neubildung von Rinde an der Schälstelle und sah das Aststück unterhalb der Schälstelle bis zum nächstunteren Aste in schönen „Speckkiehn" verwandelt; ebensowenig konnte Stoll[3]) diesen Heilungsprozeß wahrnehmen; er gibt jedoch an, daß Nördlinger eine Neubildung beoabchtet, aber dabei die Meinung geäußert habe, daß die neugebildete Rinde nicht imstande sei, den absteigenden Saftstrom zu leiten. Im allgemeinen ist die Beobachtung zu machen, daß entrindete Nadelhölzer meist kein langes Leben mehr haben, weil das entblößte Holz, wie bemerkt, schnell verharzt und dadurch in seinen jüngeren Teilen für die Wasserleitung unbrauchbar wird.

Von Monokotyledonen gibt Stoll an, daß er bei Dracänen, die er im Gewächshause ihrer Rinde beraubt hatte, eine Vernarbung der Wundfläche gefunden habe.

Außer von der Pflanzenart hängen die Folgeerscheinungen noch von der Zeit der Ausführung der Manipulation und der Leichtigkeit ab, mit der das Individuum sich Hilfsorgane in Form von Adventivknospen und -wurzeln schafft. Bei der Obstkultur kommt das Verfahren nur als extremstes Hilfsmittel zur Erzielung von Fruchtansatz bei Bäumen zur Anwendung, die sich in zu üppiger Holzbildung erschöpfen.

Blitzschläge[4]).

Den Schälwunden schließen sich naturgemäß die durch Blitzschläge entstandenen Entrindungen an. Wie bei den Frostbeschädigungen, mit denen die vom Blitz hervorgerufenen Verletzungen vielfach Ähnlichkeit zeigen, wird man bei den Beschädigungen der Pflanzen durch elektrische Entladungen eine mechanische und eine chemische Wirkung auseinanderzuhalten haben; bei dem Blitzschlag dürfte die mechanische Wirkung die weitaus vorherrschende sein. Cohn[5]), dem wir eine Zusammenstellung von 41 Blitzschlägen und reiche Literaturangaben verdanken, war der Meinung, daß, wenn der Blitz in einen Baum gelangt ist, der Hauptstrom der Elektrizität nach Durchbrechung der Rinde in der gut leitenden Kambialschicht weitergeht; die „hierdurch sich entwickelnde Erwärmung verdampft augenblicklich die in den Kambiumzellen enthaltene Flüssigkeit ganz oder zum Teil; der gespannte Dampf wirft die Rinde mit der daran

[1]) Göppert, Über das Saftsteigen in unseren Bäumen. 57. Jahresber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1880, S. 293.

[2]) Folgen der Ringelung an Nadelholzästen. Bot. Zeit. 1863, S. 282.

[3]) Über Ringelung. Wiener Obst- und Gartenzeitung 1876, S. 167.

[4]) Vgl. auch Frank, A. B., Krankh. d. Pfl., S. 355ff.

[5]) Cohn, Ein interessanter Blitzschlag. Verh. d. Kais. Carol. Akad. d. Naturf. XXVI, P. I. — Über die Einwirkung des Blitzes auf Bäume. Denkschrift d. Schl. Ges. f. vat. Kultur 1853, S. 267ff.

hängenden Bastschicht ganz oder in einzelnen Fetzen oder Streifen ab". Die Bruchstücke findet man häufig auf große Entfernungen hin fortgeschleudert. Neben diesem Hauptstrome wäre ein Nebenstrom durch den schlechter leitenden Holzkörper die Veranlassung der Holzspaltungen, die an den Orten der geringsten Festigkeit, und zwar infolge einer plötzlichen Austrocknung durch Verdunstung des Saftes entstehen. Somit wären nach der Cohnschen Anschauung weder Holzspalt noch der abgelöste Rindenstreifen als Zeichen für die Bahn des Blitzes anzusehen, sondern lediglich als die Region der geringsten Widerstände zu deuten. Sorauer möchte dagegen mit Caspary glauben, daß der Schmetterstreifen die tatsächliche Blitzspur ist.

Die Vermutung von Cohn, daß eine starke, plötzliche Dampfbildung durch Verdunstung der vom Blitz getroffenen Gewebe das explosive Fortschleudern der Rinden- und Holzsplitter veranlasse, war ihm durch mancherlei Erscheinungen nahegelegt worden. Zunächst findet man wirklich stark ausgetrocknete Splitter; sie gelangen nur darum wohl selten zur Beobachtung, weil die Gewitter in der Regel von Regengüssen begleitet sind, die die ausgetrockneten Späne sofort wieder nässen. Graebner sah mehrfach an der großen Pappelgruppe im Park von Charlottenhof-Sanssouci vom Blitz weit fortgeschleuderte lange Rindenstücke. Auch die Erscheinung, daß Bäume durch den Blitz entzündet werden, spricht für die austrocknende Wirkung derselben. Es muß hierbei jedoch gleich bemerkt werden, daß bisher kein Fall mit Sicherheit konstatiert worden ist[1]), in welchem durchaus gesunde Bäume in Brand geraten wären; vielmehr zeigen die meisten Beobachtungen, daß eine Entzündung nur bei kernfaulen Stämmen zustande gekommen ist.

Für die Art und Weise der Blitzbeschädigung ist neben der Intensität des Strahles jedenfalls die Individualität des Baumes von großem Einfluß. Man findet, daß einzelne Baumarten vielfach übereinstimmende Verletzungen zeigen, und daß gewisse Arten ganz besonders, andere sehr selten dem Blitzschlag ausgesetzt sind.

Betreffs der Charakteristik der Verletzungen läßt sich zunächst angeben, daß zwar die Mehrzahl der Fälle eine Bloßlegung des Holzkörpers durch abgesprengte Rinde zeigt, daß aber bei gut leitenden Arten und jungen Exemplaren Blitzschläge vorkommen, die gar keine sichtbare Verletzung hinterlassen. Bei den Pyramidenpappeln schlägt der Blitz in der Regel nicht in die Spitze, sondern tiefer abwärts am Stamm ein, so daß der größte Teil der Krone unverletzt bleibt, und geht in einem geraden oder nur wenig spiralig gewundenen Schmetterstreifen stammabwärts. Holz- und Rindensplitter werden abgesprengt; an den Rändern des Schmetterstreifens ist die Rinde vom Holze abgehoben, die Ränder selbst sind unverfärbt. Bei den Eichen dagegen wird öfter der Wipfel getroffen, und es werden häufig aus der Krone starke Äste getötet und abgeschlagen. Der Schmetterstreifen zeigt meist stark spiralige Drehung[2]) am Stamme, dessen Holzkörper eine mehr rinnenartig ausgehöhlte Blitzspur zeigt, während bei der Pappel scharfkantige Spalten den Verlauf des Strahles

---

[1]) Caspary, Mitteilungen über vom Blitz getroffene Bäume und Telegraphenstangen. Schriften d. phys. ökonom. Ges. zu Königsberg 1871; vgl. Bot. Z. 1873, S. 410. — Beyer, Blitzschlag. Verh. d. bot. V. d. Prov. Brandenb., 28. Jan. 1876. — Joseph, Beobachtungen über Blitzschläge. Allg. Forst- u. Jagdztg. XCIII (1917), S. 204—206.

[2]) Buchenau, Abhandl. d. naturwiss. Ver. zu Bremen, VI. — Schriften d. Leopold. Akad. d. Naturf., XXXIII (1867).

andeuten. Namentlich bei Eichen erzeugt der Blitzschlag neben radialen auch viele tangentiale Zerklüftungen in der Richtung des Jahresringes. Jedenfalls hängt die Richtung und Gestalt des Schmetterstreifens vom Holzbau ab. Je spiraliger der Verlauf der Holzfaser, desto mehr dreht



Abb. 214. Vom Blitz getroffene 23 m hohe Eiche.

a Ansatzzelle des herabgeschmetterten Astes; *b*, *c*, *d* an ihrer Basis verletzte, später vertrocknete Äste; *e* unverletzt gebliebener Ast; *II* und *III* herabhängende Holzfetzen; *x* und *y* im Splint beschädigte Ästchen. (Nach Nobbe.)

sich auch der Streifen, was sich daraus erklärt, daß der Blitzstrahl dem Wege der besten Leitung folgt. Bei der von F. Buchenau beobachteten, von Nobbe[1]) wiedergegebenen Eiche (Abb. 214) zeigt sich der spiralige

[1]) Döbner-Nobbe, Botanik f. Forstmänner. 4. Aufl. Berlin 1882, S. 34.

Verlauf des Schmetterstreifens besonders schön. Bei Casparys Versuchen über die Wirkung des Entladungsfunkens einer mit 50 Umdrehungen geladenen Leidener Flasche bestätigt sich die von Villari gefundene Tatsache, daß der elektrische Funke im Holz in longitudinaler Richtung eine viel längere Strecke durchschlägt als in transversaler. Außerdem zeigt sich, daß das Holz in tangentialer Richtung dem Funken größeren Widerstand leistet als in radialer. Das Verhältnis der Schlagweite in longitudinaler, radialer und tangentialer Richtung betrug nach Caspary bei frischem Lindenholz 19 : 2 : 1, bei trockenem Fichtenholz 7 : 2 : 1. Immer zerriß das Gewebe in der Bahn des Funkens, es wurde eine weitgehende Zerstörung des Zellinhaltes infolge der Hitze wahrgenommen.

Diese Folge des Blitzschlages dürfte überall nachweisbar sein, und in den Fällen, in denen äußerlich keine Verletzung erkennbar ist, dürften doch eng begrenzte, leicht übersehbare Eintrittsstellen des Blitzstrahls niemals fehlen. Colladon[1]) beobachtete auch z. B. bei einer Pappel und Fichte auf den von der Rinde entblößten Flächen besonders charakteristische, kreisrunde Stellen, die infolge sehr starker lokaler Austrocknung des jungen Holzes entstanden zu sein schienen und durch konzentrische, dunkelgelbe und braune Ringe gefärbt waren. Es sind auch noch eine Anzahl anderer Fälle bekanntgeworden, in denen kreisrunde, kleine Flecke auf Eintritt- oder Austrittstellen des Blitzstrahls hindeuten.

Besonders anschauliche Abbildungen der verschiedenen Arten der Blitzbeschädigungen gibt R. Hartig in seinem Lehrbuche[2]). Er führt die Verschiedenartigkeit der Blitzspuren auf die ungleiche Leitungsfähigkeit der Gewebe und auf den Grad der vorhandenen Befeuchtung derselben zurück. Wenn ein Baum beregnet ist, „dringen schwache Blitze gar nicht in dessen Inneres ein, sondern reißen nur Borkenschuppen, Flechten und trockene Äste ab. Bäume, die eine ganz zarte Korkhaut haben, wie z. B. die Weißtanne, lassen nur in den äußeren Rindengeweben zum Teil höchst merkwürdige Blitzspuren erkennen. Es werden oft nur kleine, rundliche, isolierte oder in Zickzacklinien verbundene Rindenstellen getötet, die sich später, oft nach vorgängiger Korkbildung, von der lebenden Rinde des Baumes loslösen." Bei Bäumen mit starker Borke muß der Blitz erst diese schlecht leitende Hülle durchschlagen, um in die gut leitende Rinde zu gelangen; als besonders gut leitend sieht Hartig die äußere Rindenschicht an, die „arm an Fett ist", während das protoplasmareiche, in der Regel viel Fett enthaltende Gewebe der jüngsten Rindenlagen wegen seines Fettgehaltes sehr schlecht leitet und oft vom Blitz ganz verschont bleibt. Das beste Leitungsgewebe ist das nur noch schwachen Plasmabelag zeigende Jungholz, das sich auch gegen Frostbeschädigung sehr empfindlich erweist. Wenn (bei kräftigen Entladungen) der Kambiummantel mit geschädigt wird, erfolgt eine „innere Überwallung".

Die Anschauung von der Beeinflussung der Leitungsfähigkeit der Gewebe durch ihren Fettgehalt stützt sich auf die Arbeiten von Jonescu[3]). Dieser fand, daß der elektrische Funke durch frisches Holz um so schlechter

---

[1]) Colladon, Die Wirkung des Blitzes auf Bäume. Bot. Z. 1873, S. 686; vgl. Biedermanns Centralbl. 1873, S. 153.

[2]) Hartig, R., Lehrbuch d. Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. 1900. Berlin, J. Springer.

[3]) Jonescu, Dimitri, Über die Ursachen der Blitzschläge in Bäumen. Jahresb. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. 1892. Schweizerbartsche Verl. — Weitere Untersuchungen über die Blitzschläge in Bäumen. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. XII (1894), S. 129.

durchschlug, je reicher dasselbe an fettem Öl war. Die Unterschiede z. B., die sich auf gleichem Standort zwischen der selten vom Blitz getroffenen Buche und der äußerst häufig heimgesuchten Eiche ergaben, erklärte der mikroskopische Befund: die Holzzellen der ersteren waren mit Öl versehen, die bei der Eiche nahezu ölfrei. Andere „Fettbäume" (bei denen sich im Winter und Frühjahr die gesamte Stärke in Öl verwandelt), wie z. B. *Juglans regia, Tilia parvifolia, Betula, Pinus* erwiesen sich auch als schlechte Leiter gegenüber den Stärkebäumen (*Acer, Corylus, Fraxinus, Ulmus, Crataegus* usw.). Wurde aus Fettbäumen das Öl mit Äther ausgezogen, so durchschlug der Funke die frischen Holzstücke ebenso leicht wie bei typischen Stärkebäumen. Man darf bei der Beurteilung dieser Verhältnisse aber nicht vergessen, daß der Ölgehalt sich bei den einzelnen Baumarten je nach der Jahreszeit ändert; daraus ergibt sich, daß auch die elektrische Leitungsfähigkeit wechselt. Bei gleichgroßen Stammstücken von *Tilia parvifolia* fand Jonescu, daß im Februar, wo Holz und Rinde ölreich sind, eine viel höhere elektrische Spannung nötig war als Ende März, wo das junge Holz sich mit Stärke und Glykose angefüllt zeigte. Umgekehrt war es bei der Buche, die sich im Januar bis April stärkereich, im Mai dagegen ölreich erwies, ebenso wie Kiefer, Fichte, Hainbuche und Stieleiche. Die Kiefer wird bei unseren Sommergewittern ziemlich oft getroffen; sie enthält zu dieser Zeit in Holz, Rinde und Mark Glykose, in den Markstrahlen Stärke. Aber im Winter besitzt der Baum viel feiner zerteiltes Öl, und es zeigt sich, daß in Ländern mit Wintergewittern (Irland, Norwegen) der Blitz fast nie in Kiefern einschlägt. Diese Differenzen in der Zusammensetzung des Zellinhaltes aber treten in den Hintergrund, wenn der Standort eine hohe elektrische Spannung veranlaßt, wie z. B. wenn ein Baum auf undurchlässiger Bodenschicht steht, wo sich Wasser angesammelt hat, oder an Flußufern, Teichen usw.

Dem Wassergehalt des Holzes ist nur wenig Bedeutung für die Häufigkeit der Blitzschläge beizumessen.

Der elektrische Funke sucht bei hoher Spannung sich den kürzesten Weg und schlägt dann auch durch schlechtere Leiter.

Manchmal wird ein Baum im Laufe der Jahre wiederholt vom Blitz getroffen, und es kommen dann Fälle vor, daß ein Stamm auf der ganzen Außenseite ringsherum kleine, rundliche oder längliche Blitzspuren zeigt, so daß man Hagelschlag vermuten könnte. Hartig (a. a. O., S. 241) meint aber, daß die charakteristische Gestalt der Blitzgewebe im Jungholz jeden Zweifel heben kann. Ein solches Bild wiederholt erfolgter und geheilter Blitzwunden zeigt Abb. 215. Eine ähnliche Stammbeschaffenheit könnte auch auf Frostwunden oder auf mechanische Entrindung hindeuten; es fehlen hier die vorspringenden Frostleisten. Sonst zeigen aber auch die anatomischen Gewebeveränderungen, die bei der Heilung von Blitzwunden im Splinte sich einstellen, eine äußerst große Ähnlichkeit mit jener Parenchymholzbildung, welche nach Frostbeschädigung sich einzustellen pflegt (vgl. S. 606). Zum Vergleich geben wir hier die Kopie einer von R. Hartig gezeichneten geheilten Blitzwunde, welche v. Tubeuf neuerdings reproduziert hat[1]). Wir erblicken in der untersten derbwandigen Tracheidenschicht (Abb. 216) den Abschluß des vorjährigen Jahresringes.

---

[1]) v. Tubeuf, Über sogenannte Blitzlöcher im Walde. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. 1906, S. 349.

Der neue Jahresring hat mit der Bildung dünnwandiger Elemente begonnen und ist zur Zeit, als die zehnten bis zwölften Sommertracheiden angelegt worden waren, vom Blitzstrahl getroffen worden. Die Wirkung desselben bestand darin, daß die jüngsten Holzelemente, wie durch eine tangentiale Zerrung, schief verschoben, zusammengedrückt und zum Teil getötet worden sind, während die lebensfähig gebliebene Zellage sich zu Parenchym-



Abb. 215. Querschnitt durch eine Fichte mit zahlreichen überwallten Blitzwunden. (Nach R. Hartig.)

holz ausgebildet hat und erst allmählich wieder in kleinzelliges normales Holz übergegangen ist.

Dieselben Vorgänge zeigen die verheilten Frostwunden; nur findet sich in der Regel die abnorme Parenchymholzlage näher am alten Jahresring. Dieser Unterschied ist erklärlich, da die Störung durch die Spätfröste schon zu einer Zeit aufzutreten pflegt, in welcher die Bäume noch wenig neues Holz gebildet haben, während die Blitzbeschädigungen meist erst später im Jahre durch die Sommergewitter entstehen.

R. Hartig betrachtet das Zustandekommen des zusammengefallenen

Gewebestreifens nicht als direkte Folge der Blitzwirkung; denn er sagt[1]): „Wenn der Blitz seinen Weg im Jungholz ganz oder teilweise genommen, so erkennt man dies daran, daß die Zellen unverholzt bleiben und durch die später entstehenden Gewebsbildungen zusammengedrückt werden." Er macht sodann, wie auch Beling[2]), Angaben über das Absterben ganzer Baumgruppen und fand[3]), daß an den vom Blitzstrahl getroffenen Kiefern und an zahlreichen Nachbarstämmen der Bastkörper getötet erschien. Derselbe Beobachter erwähnt auch einen Fall, bei welchem in einem gemischten Fichten- und Eichenforste mit vorwüchsigen Fichten nur die unterdrückten (12) Eichen Blitzschläge erkennen ließen, während die Fichten völlig verschont geblieben waren. Daß in gemischten Beständen die Eichen besonders häufig vom Blitze leiden, ist öfter ausgesprochen

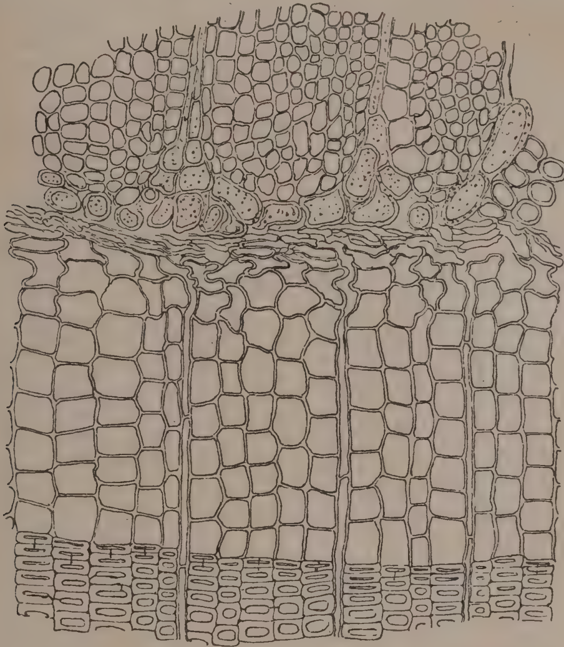


Abb. 216. Querschnitt durch den Jahresring des Blitzjahres bei einer Fichte. Die zerknitterte Zellschicht zeigt die Blitzwirkung. (Nach v. Tubeuf.)

worden; ebenso, daß auch andere, nicht etwa durch ihre Höhe ausgezeichnete Bäume und Gebäude in gewissen Lokalitäten dem Blitzstrahl vorzugsweise zum Opfer fallen[4]).

Das horstweise Absterben, von dem R. Hartig hervorhebt, daß er bei Kiefernbeständen im Laufe von fünf Jahren ein radiales Fortschreiten der Erscheinung beobachtet habe, ist neuerdings von v. Tubeuf studiert worden[5]). Er beschreibt einen Fall, in welchem nur eine Lärche sichtlich vom Blitz getroffen worden war und dennoch eine größere Anzahl der sie

[1]) Hartig, R., Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. 3. Aufl. 1900, S. 242.
[2]) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, Nov. 1873.
[3]) Just, Bot. Jahresbericht 1875, S. 956. — Lehrbuch d. Baumkrankh. 1882, S. 191.
[4]) Landwirt 1875, S. 400 u. 513. — Gard. Chronicle 1878, 2, S. 667.
[5]) v. Tubeuf, vgl. S. 733, Fußnote 1).

umgebenden Kiefern und Fichten abzusterben begann. Die Lärche zeigte einen am Stamm herablaufenden, unterbrochenen Schmetterstreifen, die Krone blieb grün. Die Bäume der Umgebung wiesen keine örtlichen Verletzungen auf, waren aber in einem Halbkreis von 25 m abgestorben. Derartige Fälle sind vielfach bekanntgeworden. In einer früheren Veröffentlichung[1]) spricht v. Tubeuf (vgl. unten) die Vermutung aus, daß ein solches Absterben großer Baumgruppen durch „Streublitze" veranlaßt werde, also durch Zerstreuung des Blitzes in eine Anzahl Strahlenbüschel, während Ebermayer[2]) die Erscheinung auf das Zustandekommen eines inneren Blitzschlages durch plötzliche Vereinigung getrennt gewesener Elektrizitäten zurückführt. Die Gewitterwolke trennt durch Influenz die entgegengesetzten Elektrizitäten im Baume; die ungleichnamige zieht in den oberen Teil, während die andere (gleichnamige) in die unteren Teile hinabdringt. „Sobald nun der Blitz einschlägt, fällt die Ursache der Scheidung beider Elektrizitäten innerhalb der in der Nähe befindlichen Körper weg, und es verbinden sich diese in demselben Augenblick plötzlich wieder miteinander." Auf Grund seiner künstlichen Blitzversuche vermag v. Tubeuf sich dieser Ansicht nicht anzuschließen. Bei der Untersuchung von Bäumen aus Blitzlöchern fand er doch an einem oder dem anderen Stamme „große Blitzverletzungen", und da andere Ursachen des Absterbens (tierische und pilzliche Feinde) sich ausgeschlossen erwiesen, kam er eben zu der Anschauung, daß „Streublitze" existieren müssen. Eine Zweiteilung des Blitzes wurde von dem Forstmeister Petzold im Forstamt Sachsenried beobachtet[3]).

Gipfeldürre der Nadelhölzer (vgl. oben).

Im Jahre 1903 beschrieb v. Tubeuf[4]) unter Beifügung zahlreicher Abbildungen einen Fall von sehr ausgedehnter Wipfeldürre bei Nadelhölzern in Oberbayern. Die Beobachtung führte zu dem Schlusse, daß nur eine einmalig wirkende Ursache im Winter 1901/02 vorhanden gewesen sein kann, und daß sie in dem elektrischen Ausgleich bei Wintergewittern gesucht werden muß. Das charakteristische Merkmal ist die Art des Absterbens. In der oberen Region des Baumgipfels sind Rinde, Bast und Kambium tot, weiter abwärts nur Rindenteile außerhalb des Kambiums abgestorben, so daß dieses während des Sommers noch Bast und Jungholz bilden konnte. „Der weiße, weiche Bast ließ sich demnach leicht vom saftigen Holze ablösen wie an gesunden Bäumen. An den neugebildeten Bast schloß sich die tote Rindenzone, und außerhalb derselben war die grüne Rinde wieder lebend. In dieser grünen Rinde verliefen vielfach von Kork eingekapselte Streifen toten Gewebes. Noch weiter nach unten waren die getöteten Bast- und Rindenteile nicht mehr stammumfassende Bänder, sondern sie zerteilten sich in Streifen; endlich fanden sich nur noch tote Flecke, und einige Meter unter der Baumspitze verlor sich jedes Krankheitszeichen; der freie Stamm und die Wurzel waren vollkommen gesund."

---

[1]) Absterben ganzer Baumgruppen durch den Blitz. Naturw. Z. f. Land- u. Forstwirtschaft 1905, S. 493. Dort auch weitere Literaturangaben.

[2]) Ebermayer, Wald- und Blitzgefahr. Naturwiss. Rundschau. 1889.

[3]) Beobachtungen über elektrische Erscheinungen im Walde. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. 1905, S. 308.

[4]) v. Tubeuf, Die Gipfeldürre der Fichten. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. 1903, Nr. 1. Fortsetzung ebendort Nr. 7. 8.

(Abb. 217.) In der beistehend abgebildeten Scheibe einer gipfeldürren Fichte ist die Rinde schließlich bloß an einigen Stellen in zusammenhängenden Streifen von außen herein getötet. Sonst finden sich im Rindenmantel nur noch zerstreut kleinere Herde von gebräuntem Gewebe. Da dieselben mitten in der lebenden Rinde liegen, sind sie ringsum von einem weißen Korkmantel eingekapselt. Der Bastring erscheint gebräunt, aber an einzelnen Stellen von gesundem Gewebe unterbrochen.

Die Übereinstimmung dieser Merkmale mit den von R. Hartig als „Blitzspuren" beschriebenen Veränderungen begründeten bei v. Tubeuf die Ansicht, daß die weitverbreitete, plötzlich an vielen Individuen aufgetretene Wipfeldürre eine Folge elektrischer Einwirkung sein müsse. Das Bedenkliche, auf das der Autor selbst aufmerksam machte, ist, daß die Blitzschläge meist unterhalb der Krone einsetzen und den Stamm verletzen, aber die Krone unverletzt lassen; in anderen Fällen hat man wohl ganze Bäume absterben gesehen, aber niemals die Krone allein. Gegenüber den feindselig erhobenen Einwendungen, daß diese Wipfeldürre durch Borkenkäferfraß oder Wicklerraupen (*Grapholitha pactolana*) veranlaßt worden sei[1]), betont v. Tubeuf, daß die Bäume die Krankheitsmerkmale auch ohne Borkenkäfer zeigen und diese, wohl angelockt durch den Terpentingeruch, erst sekundär auftreten. Einzelne Kiefern und Lärchen verhielten sich wie die Fichten. Das bei den blitzbeschädigten Fichten auftretende Ausstrahlen des Absterbens in Form brauner Rindenstreifen mit Korkumwallungen innerhalb der sonst grün und frisch bleibenden Rinde unterhalb des abgestorbenen Wipfels konnte v. Tubeuf weder an Bäumen finden (Fichten und Kiefern), die mechanisch abgebrochen, geknickt oder abgebissen, noch an solchen, die erfroren oder von einem Insekt getötet worden waren.

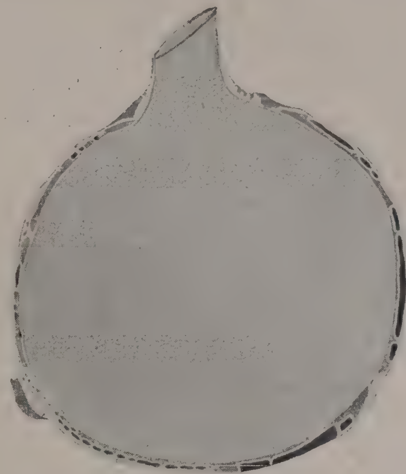


Abb. 217. Querschnitt durch eine gipfeldürre Fichte aus dem Forstamt Starnberg. (Nach v. Tubeuf.)

Weitere Untersuchungen[2]) ergaben die Identität der anatomischen Merkmale der wipfeldürren Fichten mit denen, welche bei Bäumen gefunden werden, an denen der Blitz äußere Verletzungen hervorgerufen hat. Der sichere Beweis der Richtigkeit der Annahme aber liegt in der Tatsache, daß v. Tubeuf und Zehnder[3]) durch experimentell erzeugte Funkenströme imstande gewesen sind, sowohl die äußere Erscheinung der Wipfeldürre als auch ganz die gleichen anatomisch-pathologischen Folgeerscheinungen, namentlich die toten „Rindenaugen", die von einem weißen Korkmantel eingekapselt sind, am lebenden Stamme hervorzurufen.

---

[1]) Siehe Möller in Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1904, Heft 8.

[2]) v. Tubeuf, Über den anatomisch-pathologischen Befund bei gipfeldürren Nadelhölzern. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. 1903, Nr. 9, 10, 11.

[3]) v. Tubeuf und Zehnder, Über die pathologische Wirkung künstlich erzeugter elektrischer Funkenströme auf Leben und Gesundheit der Nadelhölzer. Ebendort.

Dagegen zeigten Laubhölzer, wie v. Tubeuf an Sorauer mitteilte, weder in der Natur noch bei seinen Versuchen jene weit in das gesunde Gewebe hinein ausstrahlenden Beschädigungen. Bei dem künstlichen Anblitzen starben sie oben nur bis zu einer bestimmten Stelle ab.

Mit den Beobachtungen v. Tubeufs stimmen die von De Cillis und Mango[1]) überein, die die Folgen eines 20 Minuten dauernden heftigen Gewitters schildern, welches im Park zu Caserta zahlreiche Bäume traf. Selbst die am stärksten beschädigten, fast ganz entblößten Laubbäume trieben wieder aus. Auch die Nadelhölzer, besonders *Pinus*-Arten, begannen die Vernarbung der Wunden, starben aber nachher ab.

Zur Erleichterung der Vorstellung elektrischer Ausgleichungen erinnert v. Tubeuf an die Elmsfeuer[2]); er hat dieselben auch experimentell hervorgerufen. Er verweist dabei auf die früheren Versuche von Molisch[3]), der (angeregt durch die Beobachtungen von Linnés Tochter und Sohn über ein angebliches Blitzen der Blüten) ein Büschellicht, also eine leuchtende, aber stille elektrische Ausgleichung erzielte.

Bei den v. Tubeufschen Versuchen wurden Topfexemplare auf einen Wachsklotz gestellt und dadurch isoliert. Ihre Erde wurde durch einen Kupferdraht mit der einen Kugel einer Influenzmaschine verbunden, und an der anderen Kugel wurde ebenfalls ein Draht befestigt. Sobald die Influenzmaschine in Bewegung gesetzt wurde, lud sich der Blumentopf nebst der Pflanze mit Elektrizität. „Bringt man den anderen Draht in die Nähe der Pflanze, dann sieht man ein Ausströmen der positiven bzw. der negativen Elektrizität, welche sich in den beiden Konduktorkugeln und demnach in den beiden Drähten getrennt hatten. Die positive Elektrizität strömt in Form eines Lichtbüschels aus, die negative erscheint wie kleine Lichtperlen an den Spitzen.“ Die Versuche mit Fichten und Kiefern ergaben, daß an den negativ geladenen Pflanzen bei Annäherung des positiv geladenen Drahtes eine größere Zahl von Nadelspitzen die Elektrizität in Form von Lichtperlen ausstrahlen ließ. Lädt man aber positiv, so strömt die Elektrizität aus den Nadelspitzen lichtlos aus[4]).

Bei zarten Pflanzen (Begonien) wurde beobachtet, daß, wenn man den positiv geladenen Draht so hoch über die Pflanze hielt, daß am Rande der Blüten kleine Lichtperlen sich zeigten, ohne daß ein Funke übersprang, eine schädliche Wirkung sich nicht einstellte. Wurde diese Vorsicht nicht beobachtet, trat schon nach wenigen Minuten ein Welken der Blütenstiele und darunter befindlicher Sproßteile ein; diese erschienen dunkelglasig wie nach Frostwirkung. Es ist aus diesen Versuchen zu folgern, daß stille elektrische Ausgleichungen (Büschellicht) eine direkte Beschädigung nicht hervorrufen, jedoch eine solche sich sofort geltend macht, wenn eine Funkenentladung eintritt.

Unterschied zwischen Blitz- und Frostwunden bei Nadelhölzern.

Sorauer untersuchte, um einen sicheren Anhalt für die Unterschiede zwischen Frost- und Blitzspuren zu geben, Proben von den von v. Tubeuf

---

[1]) De Cillis, E., e Mango, A., Intorno agli effetti della folgore sulle conifere del Real parco di Caserta, Atti R. Istit. d'incoraggiamento, ser. VI. 9, Napoli 1912.

[2]) v. Tubeuf, Elmsfeuer-Versuche. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. 1905, Heft 5.

[3]) Molisch, Leuchtende Pflanzen. Jena 1904, G. Fischer.

[4]) Über die Unterschiede in der Wirkung der positiven und negativen Elektrizität vgl. Plowman, Elektrotropism of roots. Americ. Journ. Sc. 1904, XVIII, 104, S. 145—147; 105, S. 228—236. Vgl. Bot. Centralbl. 1905, Nr. 40, S. 342.

künstlich angeblitzten Fichten und beschaffte sich Frostwunden dadurch, daß er eine gesunde fünfjährige Kiefer (v. Tubeuf hatte die charakteristischen Blitzwunden auch bei Kiefern und Lärchen gefunden) im Mai während einer Nacht im Gefrierzylinder einer Kälte bis zu — 7° C aussetzte. Der anscheinend unbeschädigt aus dem Gefrierapparat hervorgegangene Baum kam Ende des folgenden Jahres zur Untersuchung, um ihm Zeit zu lassen, etwaige innere Beschädigungen auszuheilen, wie dies bei den Blitzwunden ebenfalls stattgefunden haben mußte.

Innere Beschädigungen zeigte die Kiefer nur an einer Seite der Stammbasis im Rindenteil, und zwar teils in Form einzelner abgestorbener Zellen mit braunem, verquollenem Inhalt mitten im gesunden Parenchym, teils in Gestalt größerer toter Zellgruppen, die ringförmig von einem lebenden, mauerförmig angeordneten Parenchym umschlossen waren und dadurch eine augenähnliche Abbildung darstellten (s. Abb. 218). Das Zentrum dieser augenförmigen Abbildung wurde häufig durch eine Höhlung (*h*) gebildet, welche von schwach gebräunten, bisweilen fast farblosen Zellen (*u*) ausgekleidet war. Bei Vergleich der mit jedem Schnitte wechselnden Bilder kam man zu der Überzeugung, daß diese den Hohlraum umschließenden Zellen der Auskleidung eines Harzganges entsprachen und bisweilen blasig in denselben hinein vorgewölbt gewesen waren. Daran grenzte nach außen ein abgestorbenes Rindenparenchym (*p*), dessen Zellen nur selten zusammengefallen waren und meist in ihrer natürlichen Größe in Inhalt und Wandung verharzt sich erwiesen. Bei Aufhellung der Schnitte erkannte man in dem abgestorbenen Parenchym noch einzelne Oxalatgruppen und Zellen mit Körnern, die als verharzte Stärkekörner anzusehen sind. An das tote Gewebe grenzte nach außen jene oben erwähnte ringförmige Zone tafelförmiger Zellen, die ihrer Anordnung nach einer Korkumwallung glichen, aber mit Chlorzinkjod Zellulosereaktion in ihren Wandungen zeigten und vielfach reichlich mit Stärke und Harztröpfchen angefüllt waren (*w*). Diese Umwallung des toten Gewebekernes, welche das augenförmige Aussehen der Frostwunde bedingte, ging dann in das normale Rindenparenchym (*rp*) über, das hier und da noch Spuren von Stärke erkennen ließ.

Der Querschnitt durch die Rinde des von künstlichen Blitzen beschädigten Fichtenstämmchens ergab das in Abb. 218 vorgeführte Bild.

Die Blitzspur (*b*) zeigt zunächst einen zentralen braunen, streifenartigen Kern aus verquollenem Parenchym. Derselbe wird von einer breiten, hellen Zone (*k*) umgeben, die aus radial angeordneten Reihen sehr dünnwandiger, nahezu inhaltloser, oft luftführender Zellen besteht.

Nach außen stößt diese Zone an einen Gewebering (*kk*) aus tafelförmigen, plasmareichen, in ihren Wandungen die Zellulosereaktion zeigenden Zellen, die allmählich in das normale, großlumige Rindenparenchym (*rp*) übergehen. Die außerhalb, aber ziemlich nahe der Blitzspur liegenden Harzgänge (*g*) sind in der Regel nicht verändert; die bisweilen blasig in den Harzgang hinein sich vorwölbenden Zellen der Auskleidung sind hellwandig. Auch diese blasige Auftreibung der Wandungszellen ist eine normale Erscheinung; denn man findet an Zweigen gesunder Fichten im Winter manchmal die Harzgänge vollkommen ausgefüllt durch thyllenartige Erweiterungen der Wandungszellen. Vereinzelt treten in unmittelbarer Nähe der Blitzspur auch Harzgänge auf, bei denen die ausfüllenden Zellen zu braunen, verquollenen, harzigen Massen umgewandelt sind.

Der tote Gewebekern im Zentrum der Blitzspur besteht häufig nur aus

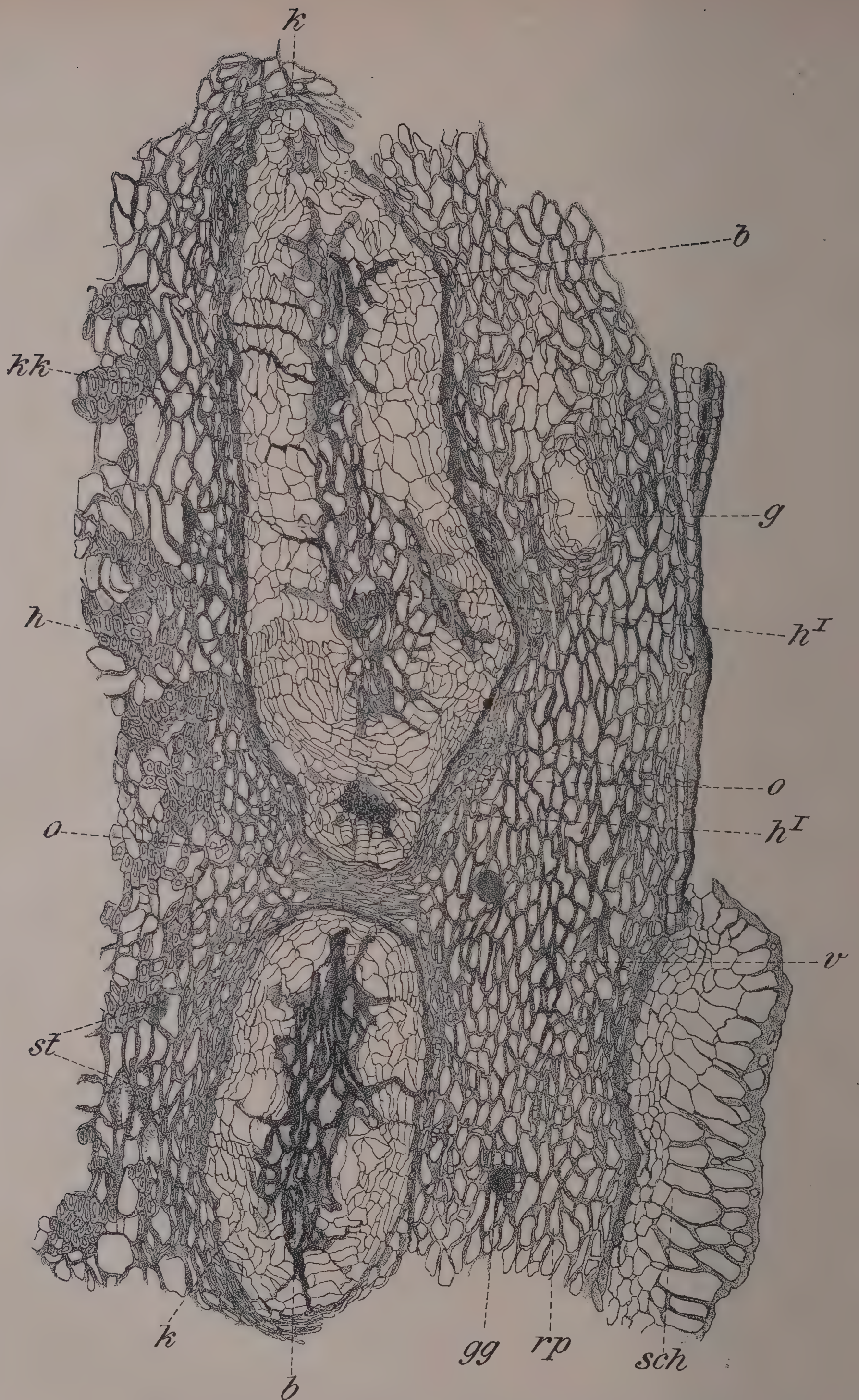


Abb. 218. Fichte, künstliche Blitzspur. (Orig. Sorauer.)

b Zentraler Teil der Blitzspur im Rindenparenchym; *h* normale Hartbastgruppe; h^1 von der Blitzspur eingeschlossene Hartbastgruppe; *k* Korkring; *kk* die dem Korkkambium ähnliche Zellage; *g* Harzgang in der gesunden Rinde, aus dessen normaler Auskleidung einzelne Zellen sich blasenartig vorwölben; *gg* mit Harz ausgefüllter Harzgang; *o* Oxalatkristalle; *st* mit Stärke erfüllte Rindenzellen; *rp* gesundes Rindenparenchym; *v* verquollene Gewebegruppen in demselben; *sch* Borkenschuppe.

abgetötetem Rindenparenchym; manchmal jedoch erkennt man auch, daß einzelne Bastgruppen (h^1) dabei beteiligt sind. Hervorzuheben ist der Umstand, daß die abgetöteten Parenchymzellen vielfach gänzlich zusammengefallen und vertrocknet erscheinen. Dieses Zusammentrocknen dürfte die Ursache für die Entstehung der hellen Ringzonen aus weitlumigen, dünnwandigen Zellen sein, welche sich als wirkliche Korkzellen erweisen und den Unterschied von der Frostwunde bedingen (Abb. 219).

Der Unterschied in den beiden Wundformen dürfte nach Sorauer etwa folgendermaßen zustande kommen: Der elektrische Funke bedingt ein schnelles Austrocknen des abgetöteten Gewebes. Da er ebenso



Abb. 219. Kiefer, künstlicher Frost. (Orig. Sorauer.)

z Einzelne abgetötete Rindenzellen mit braunem, gleichmäßigem Inhalt; *h* Höhlung im abgestorbenen Gewebekern: *u* wenig gefärbte oder fast farblose Umkleidung der zentralen Höhlung, welche in Bau und Lagerung deutlich noch die Struktur der Auskleidung eines Harzganges erkennen läßt; *p* vollständig verharzte, braune Rindenparenchymzellen aus der Umgebung des Harzganges; *w* tafelförmig gestrecktes, stärkeführendes Parenchym; *rp* normales Rindenparenchym.

wie der Frost kein langsam verlaufendes, nachträgliches Absterben des anstoßenden Gewebes veranlaßt, so grenzen an die abgetöteten Gewebeherde unmittelbar lebenskräftige, reaktionsfähige Zellen. Eine Reaktion auf den Wundreiz stellt sich sofort ein, wenn sich die vegetative Tätigkeit in der Rinde geltend macht. Das Parenchym an der Grenze des toten Gewebes antwortet auf den Wundreiz durch Zellstreckung und Zellvermehrung. Die durch den Blitz zusammengetrockneten Zellpartien bieten der Umgebung Raum zu bedeutender Streckung und Fächerung. Je schneller der Vorgang stattfindet, desto mehr Material wird verbraucht. Ist dasselbe zur Zeit nicht in genügender Menge vorrätig, findet nur Korkbildung statt, und damit erklärt sich, daß nach der elektrischen Entladung

das die zusammentrocknende Gewebeinsel umgebende Rindenparenchym, welches eine viel schnellere Streckung und Fächerung zur Ausfüllung des größeren Raumes erfahren muß, mit Korkbildung antwortet.

Bei der Abtötung einer mitten im Rindenparenchym liegenden Gewebeinsel durch den Frost erfolgt zunächst kein Vertrocknen des Gewebes. Die abgetöteten, verquollenen Zellen behalten ihren Umfang infolge der noch vorhandenen Turgeszenz. Somit wird auch der Druck des frostbeschädigten, sterbenden Gewebes auf die gesund und reaktionsfähig gebliebene Umgebung nicht wesentlich vermindert. Damit fällt aber für die umgebenden Zellen auch die Veranlassung fort, sich so stark zu verlängern und zu fächern, wie dies beim Vertrocknen der Blitzspur notwendig war. Es wird also um den toten Kern der Frostwunde die infolge des Wundreizes entstehende Neubildung in Form einer Ringzone aus spärlicheren und kleineren Zellen auftreten. Das zuströmende plastische Material kann nicht mehr zur Zellvermehrung verbraucht werden, da der Bedarf gedeckt ist, und wird daher in Form von Reservestoffen sich niederschlagen. Daher die direkt um die Frostwunde bemerkbare Stärkeanhäufung.

Als Ergebnis der Untersuchung wäre anzuführen, daß bei den Nadelhölzern ein bestimmter Unterschied zwischen künstlich erzeugten augenförmigen Blitz- und den Frostwunden besteht. Bei der Blitzwunde trocknet das abgetötete Rindengewebe schnell zusammen und wird zunächst von einem lockeren Korkmantel umgeben, der einen hellen Außenring darstellt. Bei der Frostwunde behalten die abgetöteten Zellen im Innern des Rindenparenchyms zunächst ihren früheren Umfang; sie werden zwar ebenfalls eingeschlossen von einer Ringzone neugebildeter Zellen, aber diese entwickeln sich nicht zu einem lockeren Korkmantel, sondern bilden eine schmale Zone englumigen Parenchyms, das reicher an Reservestoffen wie das normale Rindenparenchym zu sein pflegt. Diese Zone stellt sich bei der Blitzwunde erst nach der Korkzone ein.

Hinzu kommt noch der von v. Tubeuf angegebene Unterschied, daß bei der Blitzwunde der abgetötete Rindenring in immer schmaler werdenden Bändern abwärts in das gesunde Gewebe hinein ausstrahlt, während eine derartige langsame Abnahme der Frostwirkung und ein streifenartiges Ausstrahlen der toten Gewebezone in die gesunde Rinde hinein bei Nadelhölzern bisher nicht beobachtet worden ist.

Betreffs der Theorie der Blitzwirkung stellen die vorstehenden anatomischen Beobachtungen fest, daß der elektrische Funken in erster Linie ein Vertrocknen des Gewebes hervorruft.

Die Beschädigungen der städtischen Baumpflanzungen.

Bei der Zunahme der elektrischen Anlagen in den Städten ist auf die Gefährdung der Baumpflanzen hinzuweisen. Nach den Untersuchungen von Stone[1]) sind es die Wechsel- und direkten Ströme, welche durch örtliche Verbrennungen schaden. Bei trockenem Wetter ist weniger zu fürchten, wesentlich mehr aber, wenn die Rinde naß ist. Es kommen hier namentlich die direkten Ströme der Straßenbahnen in Betracht. Außer der Abtötung des Gewebes ist auch die Reizwirkung schwacher Ströme ins Auge zu fassen. Erdentladungen bei Gewittern sind nach Stones

---

[1]) Stone, G. E., Injuries to Shade Trees from Electricity. Hatch Exper. Stat. Massachusetts Agric. Coll. Bull. 91. Amherst, 1903.

Beobachtungen häufiger, als man vermutet, und erklären mancherlei Schädigungen der Bäume, die vielfach auch noch durch rücksichtsloses Ausschneiden der Äste zur Isolierung der Drähte mißhandelt werden.

Anhang: Wirkung von Streublitzen.

a. An Weinstöcken.

Unter den zahlreichen Beobachtungen, welche Colladon[1]) über die Blitzwirkung veröffentlicht hat, findet sich eine Angabe, daß in einem Weinberge die getroffene Bodenoberfläche einen regelmäßigen scharf abgegrenzten Kreis darstellte, in dessen Mitte die stärkste Wirkung wahrzunehmen war. Die Weinstöcke zeigten auf den Blättern eine Menge Flecke, die anfangs dunkler grün erschienen und erst nach einigen Tagen sich ziegelrot färbten. An den jüngeren, saftigen Stengeln war namentlich das Kambium gebräunt, während sich der Holzkörper unversehrt erwies. In den verletzten Geweben blieben die Zellwandungen unverändert, aber das Protoplasma war zusammengezogen und getötet. Die gleiche Beobachtung von der Ausbreitung der Blitzwirkung auf zahlreiche Individuen hat Rathay[2]) beschrieben und nach Erwähnung früherer Fälle auch darauf hingewiesen, daß dieselbe Erscheinung der Ausbreitung des Blitzstrahls bei den Schafherden zu beobachten ist, wo ebenfalls stets mehrere Individuen getroffen werden.

Ebenso wie Colladon nahm Rathay auch ein Rotwerden der Blätter an getroffenen Reben wahr, soweit die Sorten rote Herbstfärbung zeigen. Die Enden der Zweige starben gänzlich ab. Rathay ergänzt diese Tatsache durch die Beobachtung, daß die geröteten Blätter viel weniger transpirieren als die normal grünen. Die nach Blitzschlag geröteten Blätter gleichen in allen geprüften Beziehungen den durch Ringelung der Zweige sich rot färbenden, und tatsächlich ähnelt die Blitzbeschädigung in vielen Punkten der mechanischen Ringelung, da hier die außerhalb des Kambiums liegende Rindenschicht getötet wird. „Das Kambium der vom Blitz getroffenen Lotten bleibt lebend und erzeugt innerhalb der getöteten Gewebe nach außen einen von Wundkork umhüllten Callus und nach innen einen Holzring, der von dem älteren Holze durch eine dünne gebräunte Schicht geschieden ist." Die Trauben an den vom Blitz getroffenen Reben vertrocknen vollständig.

Einzelne Punkte von Wichtigkeit, welche einen Parallelismus zwischen den Blitzwirkungen am Weinstock und an Nadelhölzern erkennen lassen, finden wir in einer Arbeit von Ravaz und Bonnet[3]). Nachdem darauf aufmerksam gemacht wurde, daß das Blitzloch, welches 50—100 Stöcke umfaßte, gerade die kräftigsten Pflanzen am meisten beschädigt zeigte, wird hervorgehoben, daß infolge des am 20. Mai erfolgten Blitzschlages die Spitzen der Triebe sich zu Boden neigten und vertrockneten. Die Knoten blieben längere Zeit grün, während die Internodien schon wie verbrüht aussahen. Nach unten nahmen die Krankheitserscheinungen all-

[1]) Colladon, Daniel, Effets de la foudre sur les arbres et les plantes ligneuses. Mém. de la Soc. de phys. et d'histoire nat. de Genève 1872, S. 548—53.

[2]) Rathay, Emerich, Über eine merkwürdige durch den Blitz an Vitis vinifera hervorgerufene Erscheinung. Denkschr. d. math.-naturwiss. Klasse d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1891. Hier auch reichliche Literaturangaben.

[3]) Ravaz, L., et Bonnet, Effets de la foudre sur la vigne. Extr. des Annales de l'école nationale d'agricult. de Montpellier nach Bot. Jahresb. 1900, 2, S. 417.

mählich ab. Unterhalb der vertrockneten Spitze war in den beschädigten jungen Trieben der Markkörper zerrissen und dem Holzringe angepreßt. Wurzeln blieben unbeschädigt. Einige Wochen nach dem Blitzschlage erschienen die getroffenen Internodien rotbraun, geschrumpft und der Länge nach aufgeplatzt. Die Risse zeigten Vernarbungsgewebe. Die dazwischen liegenden Knoten schwollen auffällig an. Zweige, deren Spitzen nicht getroffen wurden, wuchsen weiter, behielten aber sehr kurze Internodien. Das junge Holzgewebe erschien braun, seine Zellen entleert und mit unverdickten Wandungen. Die beschädigten Rindenpartien waren von Kork inselartig eingeschlossen (vgl. Abb. 219). Das Kambium bildete zunächst ein unregelmäßiges Gewebe, das erst allmählich wieder in normales Holz übergegangen war (vgl. Abb. 217).

Wir gelangen nach diesen Angaben zu der Anschauung, daß der Blitz (wie der Frost) wesentlich auch durch seine mechanische Wirkung schädigt, und zwar infolge plötzlicher übergroßer Spannungsdifferenzen. Je nach dem Alter der blitzbeschädigten Achse reagiert dieselbe in verschiedenem Grade. Dort, wo die Rinde nicht mehr in ihrem ganzen Umfange geschädigt wird, kapseln sich die toten Stellen durch einen Korkmantel ein. Wird das Jungholz nicht mehr gänzlich getötet, sondern nur noch gepreßt und gezerrt, bildet sich später ein Parenchymholz aus, das langsam nach außen hin in normales Holz übergeht, so daß falsche Jahresringe entstehen können. Alle Erscheinungen strahlen nach der Basis der Achse hin allmählich aus, d. h. sie verschwinden schließlich.

Daß in Blitzwunden sich häufig Mikroorganismen ansiedeln, ist selbstverständlich, und es ist daher leicht erklärlich, daß man derartige Fälle als parasitäre Krankheiten beschrieben hat. Ein Beispiel bietet die „Gelivure" des Weinstocks, welche als Bakteriose beschrieben worden, aber nach Ravaz und Bonnet nichts anderes als eine durch Bakterien besiedelte Blitzwunde ist[1]).

b. Auf Feldern und Wiesen.

Steglich[2]) beobachtete im Juli einen Blitzschlag im Kartoffelacker. Der Blitz schlug an zwei Stellen ein, und die Pflanzen wurden infolgedessen gelb und starben ab; die Stengel erschienen aufgeschlitzt und durchbohrt, wobei die Wundränder ein zerrissenes Aussehen hatten. Jones und Gilbert[3]) berichten über Blitzschäden an Kartoffeln und Baumwolle, die im Umkreise von 8 bis 20 Fuß abwelkten. Nach ihnen steht die elektrische Entladung mit der Verteilung der oberirdischen Organe und des Wurzelsystems in Verbindung wie auch mit der Verteilung von Feuchtigkeit und Trockenheit an die Pflanze und im Boden.

v. Seelhorst[4]) beschreibt Rübenbeschädigungen durch Blitz. In einem Falle bildete das Blitzloch eine Kreisfläche von etwa 15 m Durchmesser. In der Mitte des Kreises waren die Rüben total abgestorben; bei den peripherisch angrenzenden Pflanzen erschienen die Blätter welk und verfärbt. Manchmal standen zwischen stark verletzten Pflanzen einzelne Exemplare von geringer Beschädigung. Im Rübenkörper waren bisweilen

---

[1]) Ravaz, L., et Bonnet, A., Les effets de la foudre et la gelivure. Compt. rend. 1901, I, S. 805.

[2]) Jahrb. d. D. Landw.-Ges. 1892.

[3]) Jones, L. R., und Gilbert, W. W., Lightning injury to potato and cotton plants. Phytopathology V (1915), S. 94—101 mit 1 Tafel.

[4]) v. Seelhorst, Rübenbeschädigung durch Blitz. D. Landw. Presse 1904, S. 515.

kleine Hohlräume bemerkbar, namentlich im Kopfteil. In anderen von Praktikern beobachteten Fällen wird von Verfärbung und Erweichung der Rübenköpfe und ähnlichen Erscheinungen gesprochen, indessen dürften sich hier schon sekundäre, parasitäre Einflüsse geltend gemacht haben. Auch Colladon[1]) berichtet von einem Blitzloch auf einem Rübenfelde. Die Blätter der beschädigten Pflanzen waren rötlich verfärbt, geschrumpft oder stellenweise zerrissen, ihre Randpartien erschienen teilweise vertrocknet. Auf einem Kartoffelacker fand sich die Mehrzahl der Pflanzen in der aufgewühlten Erde gesund; nur an einer Stelle sah die Basis der Kartoffelstengel zerrissen und verbrannt aus. In dem 6 m Durchmesser zeigenden Blitzloch einer Wiese waren die höchst emporragenden Distelköpfe abgetötet, während die niederen Teile und die Grasnarbe gesund geblieben waren, obwohl hier und da die Erde aufgewühlt gefunden wurde.

Zur Erklärung des Umstandes, daß stets auf gleichbestellten Ländereien viele Individuen getroffen werden, weist Rathay auf die photographischen Blitzaufnahmen hin, aus denen sich ergibt, daß der Blitz meist keine einfache Entladung zwischen zwei Punkten ist, sondern sich zerstreut und in vielen Punkten endet. Kommt dann (bei Weinstöcken) hinzu, daß die Stöcke in Drahtanlagen erzogen werden, so bildet der Draht eine noch besser leitende Verbindung, welche die Ausbreitung der Schädigung begünstigt.

Von Bedeutung sind auch die Angaben von v. Bezold[2]), daß nach den Akten der Brandversicherungsanstalt in Bayern die Gefährdung durch Blitz von 1833 bis 1882 sich geradezu verdreifacht hat. Vermutlich spielen die ausgedehnten Entwaldungen und Entwässerungen und die rapide Vermehrung der Schienen und elektrischen Drahtleitungen eine Rolle.

c. Wirkungen elektrischer Ströme.

Das anerkennenswerte Bestreben, schwache elektrische Ströme bei der Pflanzenkultur direkt zu verwerten, hat nach drei Richtungen zu Versuchen geführt (Elektrokultur). Einesteils will man durch Beleuchtung mit elektrischem Licht[3]) die Assimilationstätigkeit vermehren. Andernteils hat man begonnen, einen elektrischen Strom durch die Erde gehen zu lassen, indem man zwei Metallplatten in den Boden versenkte und dieselben mit einer Stromquelle verband. Drittens hat man versucht, einen Strom durch eine Pflanze direkt gehen zu lassen.

Die Resultate sind bisher sehr widersprechender Natur, so daß sich ein Urteil nicht fällen läßt. Meist hat man das Verfahren angewandt, daß man z. B. ein Netz von Drähten über ein Feld zieht, ohne daß es den Erdboden berührt, und einen Pol einer Elektrisiermaschine mit dem Drahtnetz und den anderen mit dem Erdboden verbindet, oder daß man, wie z. B. Höstermann in Dahlem, die Luftelektrizität durch einen Fesselballon auffängt und so die Drähte lädt. In solchem Falle dienen die Pflanzen als Leiter, und durch sie hindurch wird vermittels der dunklen elektrischen Entladung ein Ausströmen der Elektrizität aus den Spitzen der Kulturgewächse erfolgen. Ein derartiges Ausströmen muß eigentlich fortwährend

---

[1]) a. a. O., S. 555.

[2]) v. Bezold, W., Über zündende Blitze im Königreich Bayern während des Zeitraums 1833 bis 1882. Abh. d. Kgl. Bayer. Akad. d. Wiss. II. Kl, XV.

[3]) Vgl. u. a. Höstermann, Pflanzenkulturversuche mit künstlichem Licht. Zeitschr. Ver. dtsch. Ingenieure LXVI (1922), S. 523, auch Gartenwelt 1922, Heft 8—10 u. Jahresber. Höh. Gärtnerlehranst. Dahlem 1916/17. Berlin, Paul Parey.

in der freien Natur stattfinden, da der Erdboden eine andere elektrische Ladung zeigt als die darüber befindlichen Luftschichten. Die bekanntesten Versuche dürften die von Lemström[1]) und von Pringsheim[2]) sein. Ältere Arbeiten über Versuche, bei denen der elektrische Strom durch die Erde geleitet wird, finden sich von Wollny[3]) zusammengestellt.

Die Resultate der Pringsheimschen Versuche, bei denen die Elektrizität durch Influenzmaschinen erzeugt wurde, lauten ungemein günstig, da bei Kartoffeln, Zuckerrüben, Gerste, Bohnen, Erdbeeren eine quantitativ und qualitativ bessere Ernte erzielt wurde. Da, wie gesagt, anderseits aber viele ungünstige Erfahrungen vorliegen, so ist vorläufig dieses Gebiet als noch nicht genug erklärt hier nicht weiter zu berücksichtigen. Auch Höstermann spricht sich über die Erfolge seiner Kulturen mit der durch einen Luftballon gewonnenen Luftelektrizität in Dahlem im allgemeinen wenig günstig aus. In der Hatch-Versuchsstation des Massachusetts Agric. College (vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1908) wurde als Versuchspflanze *Raphanus sativus* genommen, der eine Wachstumsbeschleunigung und Gewichtszunahme an Blattwerk und Wurzeln zeigte; doch waren die Blätter von hellerem Grün und neigten zur Blattdürre. Der elektrische Reiz scheint in ähnlicher Weise wie Lichtmangel auf die Organe zu wirken.

Die Einflüsse der Elektrokultur dürfen nicht vermengt werden mit denjenigen, die dadurch zustande kommen, daß stärkere Ströme direkt durch die Pflanze oder einzelne Pflanzenteile geschickt werden (vgl. auch oben S. 736). Hierbei muß namentlich einer Arbeit von Löwenherz[4]) gedacht werden, weil dieselbe mit wissenschaftlicher Genauigkeit durchgeführt ist und neue Gesichtspunkte eröffnet.

Die Versuche wurden mit Chevaliergerste angestellt; zur Anwendung gelangte ein Gleichstrom, der durch die Erde geleitet wurde. Die Körner wurden sorgfältig derartig ausgelegt, daß bei der Hälfte der Versuchstöpfe die Samen mit ihrer Längsachse parallel zur Stromrichtung lagen und daher der Länge nach vom Strom durchflossen wurden, während bei der anderen Topfreihe die Körner rechtwinklig zur Stromrichtung lagen. Es zeigte sich nun, daß die verschiedene Lage der Körner zur Stromrichtung einen ganz unerwartet großen Unterschied in der Wirkung der Elektrizität zur Folge hatte.

Bei der angewandten Stromstärke (0,015 bis 0,030 Ampère) war überall eine Benachteiligung des Keimungsvorganges bemerkbar gewesen; aber es war stets zu erkennen, daß die Körner, welche der Länge nach vom Strom durchflossen wurden, schlechter keimten als die, bei denen der Strom quer hindurchging. Doch auch in der erstgenannten Abteilung machte sich ein Unterschied insofern geltend, als bei den parallel zur Stromrichtung liegenden Körnern diejenigen am schlechtesten sich entwickelten, bei denen der positive Strom an der Spitze der Körner eintrat und an dem Ende, wo der Embryo liegt, austrat. Wenn innerhalb 24 Stunden die Stromrichtung zwei- bis dreimal umgekehrt wurde, konnte eine Änderung des Resultates

[1]) Lemström, Elektrokultur. Übersetzt von O. Pringsheim. Berlin 1902, W. Junk.

[2]) Pringsheim, Otto, Neue Elektrokulturversuche. Österr. landw. Wochenbl. 1904, Nr. 24; vgl. Centralbl. f. Agrikulturch. 1905, Heft 6.

[3]) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. XI, 1888, S. 88.

[4]) Löwenherz, Richard, Versuche über Elektrokultur. Z. f. Pflanzenkrankh. XV (1905), S. 137.

nicht erzielt werden; dagegen wurde eine solche deutlich sichtbar, wenn der Strom zweimal pro Minute wechselte. Die rechtwinklig zur Stromrichtung gelegten Körner waren dann ebensogut wie die nicht elektrisierten Samen aufgegangen, und bei den der Länge nach von der Elektrizität durchflossenen machte sich der Nachteil nur noch dadurch bemerkbar, daß die Körner etwa 12 bis 24 Stunden später keimten. Dieser beachtenswerte Versuch zeigt deutlich, wie mannigfache Bedingungen bei der Elektrokultur beachtet werden müssen.

Anhangsweise sei hier noch der Bestrebungen über die Elektrisierung von Wurzelreben und Blindholz des Weinstocks durch Ströme hoher Spannung gedacht[1]). Im Auftrage des Kais. Landwirtschaftsvereins zu Moskau wurden, angeregt durch Berichte über Bekämpfung der Reblaus durch elektrische Ströme, Versuche eingeleitet, indem man Kisten mit Wurzelreben und Stecklingen 10 Minuten hindurch einer elektrischen Entladung aussetzte. Einige Wurzelreben wurden dann auch noch durch Funkenentladung elektrisiert. Es wurde gefunden, daß Ströme von hoher Spannung eine frühere und günstigere Entwicklung der Reben veranlassen. Wurzelreben aber, welche direkt durch Verbindung mit dem Induktor elektrisiert worden waren, zeigten Beschädigungen, indem die oberirdischen Teile nicht austrieben; es waren nur bei den unterirdischen Knoten Triebe zum Vorschein gekommen.

Die Versuchsresultate von Löwenherz kann Gassner[2]) bestätigen. Die durch Einwirkung des Stromes entstehende Krümmung, die bei allen Pflanzen zu beobachten war, bleibt nicht immer dieselbe; zuweilen ist sie dem negativen, in anderen Fällen dem positiven Pol zugekehrt.

Gegenüber den von Löwenherz früher veröffentlichten und von Gassner bestätigten Kulturversuchen mit Gerste, die einen schädlichen Einfluß des elektrischen Stromes erkennen ließen, berichtet nun der erstgenannte Autor[3]) von günstigen Resultaten. Bei geringer Stromstärke (Stromdichte) zeigte sich eine Beschleunigung des Keimlingswachstums; die schädliche Wirkung stellte sich erst bei Erhöhung der Stromstärke ein.

Überwallung der Querwunde mehrjähriger Achsen.

Wenn Äste oder Stämme quer abgeschnitten werden, müssen dieselben Vorgänge der Rindenlockerung und Neubildung von Überwallungsrändern sich einstellen, wie wir sie bei dem Schröpfschnitt beschrieben haben. Nur ist die Verwundung an sich viel gefährlicher, weil durch den Schnitt alle Jahresringe des Astes bloßgelegt werden und der Angriff der Atmosphärilien und der holzzerstörenden Pilze ungemein erleichtert wird.

Das Produkt der mehrjährigen Überwallung eines alten Aststumpfes sehen wir im beistehenden Holzschnitt (Abb. 220). Die dunklere, zentrale Partie ist der Aststumpf, der durch den Einfluß der Witterung tief in den Stamm hinein abgestorben ist. Seit fünf Jahren haben sich die in jedem Jahre weitergreifenden Holzkuppen der Überwallungsränder über die Wundfläche gelegt und dieselbe endlich geschlossen. Hier hat die Überwallung vorzugsweise von obenher stattgefunden, da von hier aus das

---

[1]) Nach einem Referat der „Weinlaube“ 1904, Nr. 34; vgl. Centralbl. für Agrikulturchemie 1905, S. 394.

[2]) Gassner, Berichte d. D. Bot. Ges. XXV (1907), Heft 1.

[3]) Löwenherz, Z. f. Pflanzenkrankh. XVIII (1908), Heft 1.

meiste plastische Material hergekommen ist. Bei einer schmalen Längswunde findet die Überwallung vorzugsweise von den Seiten aus statt.

Derselbe Überwallungsprozeß, der an den Ästen der Bäume sich einleitet, verursacht auch den Wundschluß der Schnitt- oder Hiebfläche an den zurückgebliebenen Baumstümpfen nach dem Fällen der Bäume. Der Vorgang vollzieht sich nur verhältnismäßig langsam, da der den Überwallungsrand erzeugende Kambiumring eine sehr große Wundfläche zu decken hat und selbstredend der Aufstieg des plastischen Materials in der Rinde stets langsam und schwierig ist. Die Folge davon ist, daß lange, bevor der Überwallungsrand nach den zentralen Partien der Schnittfläche

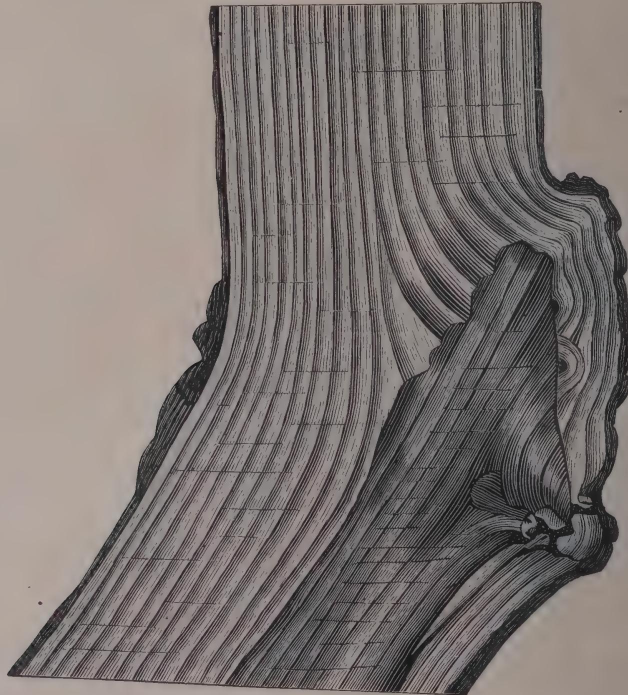


Abb. 220. Rest eines abgesägten, von der Schnittfläche aus abgestorbenen Astes, der durch die Überwallungsränder der folgenden Jahre kappenartig gedeckt worden ist.

vorrückt, diese durch Fäulnis zerstört, der Stammstumpf daher in der Mitte hohl geworden ist. Nun senken sich die Überwallungsmassen in den verschiedensten Formen und bisweilen in zopfähnlichen Strängen in die Höhlung hinein, wobei sie hervorstehende Splitter oder Steine umhüllen und dabei zu großer Massenausdehnung gelangen können[1]).

Das zopfartige Hineinsenken von Überwallungswülsten in das Innere hohler Stämme kann man besonders oft beobachten, wenn die Höhlung sich nach oben zwischen zwei oder noch besser drei Ästen öffnet; das auf der der Höhlung zugewendete, aus einem Ast in den Überwallungswulst des Höhlungsrandes abströmende plastische Material gerät in einen „Sack“

[1]) Schöne Abbildungen derartiger Fälle bei Göppert, Nachträge zu der Schrift über Inschriften und Zeichen in lebenden Bäumen. Breslau, Morgenstern 1870.

und verlängert diesen zopfartig in der schon früher beschriebenen Weise (vgl. S. 375ff.). Eine Anzahl von Bäumen (besonders Weiden, Pappeln usw.) treiben leicht aus dem „Zopf" Wurzeln in den eigenen Mulm. Auch bei *Syringa*, Linden, Roßkastanien usw. beobachteten wir dies.

Es liegt nun die Frage nahe, woher das Material zu derartig massenhafter Neubildung kommen mag. Meist wird die Ansicht ausgesprochen, daß die in dem Baumstumpf vorhandenen, vor dem Fällen des Stammes gebildeten Reservestoffe die einzige Quelle für alle die Neubildungen abgeben müßten; in anderen Fällen zieht man die nicht selten vorkommenden Wurzelverwachsungen zu Hilfe, indem man annimmt, daß durch ein Verwachsen der Wurzeläste des Baumstumpfes mit stärkeren Wurzeln benachbarter Bäume, welche ihren Stamm mit Krone noch besitzen, eine Ernährung des Baumstumpfes stattfindet. Sicher ist dies nicht selten bei Fichten zu beobachten!

Sicherlich werden derartige Fälle in größeren Baumbeständen nicht selten sein[1]), und solch ein Nährstamm tatsächlich eine wesentliche Unterstützung für den Zehrstamm darstellen. Allein es liegen auch Beispiele vor, bei denen vollständig isoliert stehende Bäume nach dem Fällen so große Überwallungsmassen an den Stümpfen gebildet haben, daß die Annahme der Entstehung so massiger Neubildungen lediglich aus den Reservestoffen des Baumstumpfes und der Wurzeln erfolgt sein muß.

Bei älteren Bäumen wird ein Hilfsapparat eine sehr geringe Rolle spielen, welcher neu assimiliertes Material herbeizubringen imstande ist. Wenn man die jungen Überwallungsränder untersucht, wird man in der Rinde derselben mehr oder weniger Chlorophyll finden, je nach dem Grade der Belichtung der Bäume wird dieser Chlorophyllapparat ebenso assimilieren wie die grüne Rinde des Stammes. Daß man Zweige aus Überwallungsrändern hervorbrechen sieht[2]), ist bereits oben betont.

Die Fähigkeit zur Produktion neuer Triebe aus dem Baumstumpf, die bei den verschiedenen Baumgattungen außerordentlich verschieden ausgebildet, bei den Nadelhölzern geradezu selten ist, beruht nicht immer auf der Bildung von Adventivknospen, sondern auch auf der Weckung von schlafenden Augen (Proventivknospen), wie bei manchen Koniferen. Hierbei ist aber oftmals die harte Borke des Stammstumpfes ein Hindernis für die weitere Ausbildung.

Maserige Überwallungsränder.

Es ist eine weitverbreitete Erscheinung bei der Überwallung von Wunden, daß die Holzfasern innerhalb der Neubildung nicht überall parallel miteinander verlaufen, sondern sich mannigfach verbiegen und sich bisweilen schleifenartig krümmen. Diese Abweichungen im Faserverlauf bezeichnet man als „maseriges Holz". Den besten Einblick gestattet die Abb. 221 einer ihrer Rinde beraubten Überwallungskappe eines Eichenastes. Die Eichel[3]) bietet besonders günstige Beispiele eines vollständigen Abschlusses größerer Wundflächen durch Überwallung, und

---

[1]) Göppert, Beobachtungen über das sogen. Überwallen der Tannenstöcke. Bonn, Henry & Cohen, 1842.

[2]) v. Thielau in Lampersdorf bei Frankenstein in seiner Anzeige der Göppertschen Schrift (Über die Folgen äußerer Verleztungen der Bäume usw.) vom Mai 1874.

[3]) Über Eichenmaserholz vgl. Frank, Krankheiten der Pflanzen, S. 126, Abb. 21, 2. Aufl., S. 80ff.

die Üppigkeit der sich vereinigenden Wundränder bedingt dabei nicht selten, daß z. B. bei abgesägten stärkeren Ästen das neugebildete Gewebe nicht eine ebene, sondern eine mehr oder weniger stark halbkugelig bis kugelartig vorgewölbte Fläche bildet. Bei derartigen Überwallungskappen finden sich vielfach kleine Zentren, die sogenannten Maseraugen (Abb. 221*a*), um welche sich dann in verschiedener Windung die Holzfasern (*p*) gelagert zeigen. Unter der Bezeichnung „Maseraugen“ sind aber nicht wirkliche Knospen, wie bei den oben S. 375ff. beschriebenen und abgebildeten, aus Knospen entstehenden Knollenmasern zu verstehen, sondern nur vertiefte Gewebezentren, um welche sich schalenförmig und später geschlängelt die

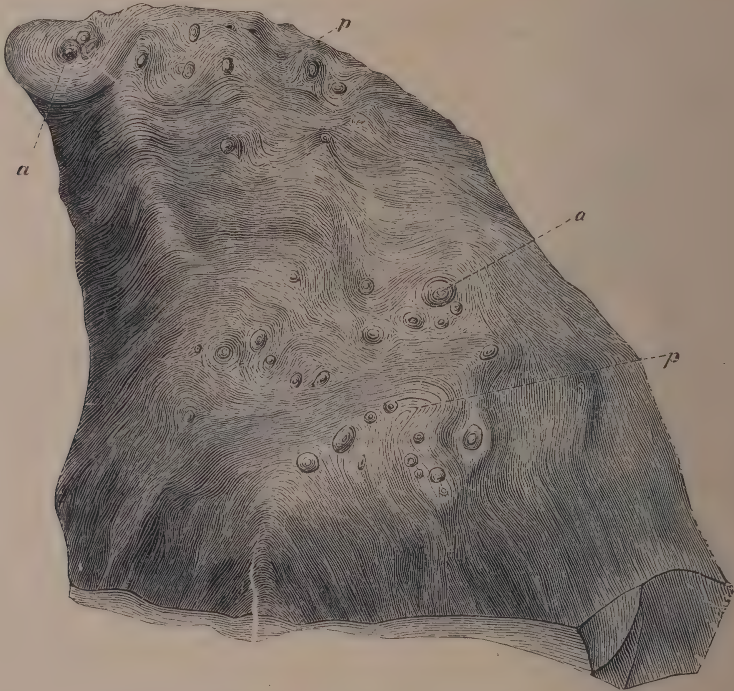


Abb. 221. Maseriger Holzbau der Überwallungskappe eines Aststumpfes der Eiche. (Orig.)

Holzfaser herumlagert und auf diese Weise „wimmeriges Holz“[1]) darstellt. Während da, wo wirkliche Augen entstehen, eine spießige, holzige Erhebung vorhanden ist, ist bei den Maseraugen eine aus parenchymatischem Gewebe gebildete, manchmal durch Abrunden und Auseinanderfallen der Zellen verstärkte Vertiefung zu sehen, um welche herum sich Holz von normaler Zusammensetzung aus Holzzellen, Markstrahlzellen und Gefäßen lagert. Abnorm ist nur die schalenförmige, an die Knollenmaser erinnernde Lagerung und das häufige Auftreten von sehr stark erweiterten, den Markflecken ähnlichen Markstrahlgebilden, welche bisweilen zu einem zweiten Zentrum sich ausbilden können.

---

[1]) Vgl. auch Frank, A. B., Krankheiten der Pflanzen, 2. Aufl., I, S. 80ff. — Küster, E., Patholog. Pflanzenanatomie. S. 176ff. u. S. 177, Abb. 69, S. 178, Abb. 70, 71.

Wir betrachten das wimmerige oder maserige Holz nur als einen extremen Fall ganz normaler Vorgänge des Ausweichens der Holzfaser, wenn sie bei ihrem Bestreben, sich in der Längsrichtung des Pflanzenteils zu lagern, auf Hindernisse stößt. Derartige Hindernisse können, wie bereits oben geschildert, in der verschiedensten Form auftreten. Jede normale Zweiganlage bildet die Ursache einer Ablenkung des Holzfaserverlaufes in der Umgebung derselben. Die bei den Rindenknollen (S. 387ff.) besprochene Neubildung von Holzkörpern innerhalb der Rinde stellen eine weitere Ursache dar. Endlich aber finden wir die mannigfachsten Hemmungserscheinungen in der Ausbildung eines Jahresringes, hervorgerufen durch Spannungsdifferenzen in der fortwachsenden Achse. Und solche Spannungsdifferenzen sind fortwährend vorhanden und werden vielfach durch äußere Einflüsse verstärkt.

Es ist, wie schon so oft betont wurde, der verschiedenartige Druck, den der Rindengürtel fortwährend erfährt und ausübt, welcher die Entwicklung und den Verlauf der Holzfaser bedingt. Wir brauchen daher zur Erklärung des maserigen Wundholzes nicht die Theorie von der Polarität der Zellen und dem Abstoßen der gleichnamigen Pole zu Hilfe zu nehmen, wie sie Voechting und Mäule[1]) vertreten.

Einschnüren der Achse.

Das Einschnüren kommt zustande durch das Umlegen eines nicht nachlassenden Bandes (aus Draht u. dgl.) um einen Stamm oder Zweig, so daß dieser in seinem Dickenwachstum an dieser Stelle gehemmt wird. Die Folgen dieser Manipulation ergeben sich aus der einfachen Betrachtung, daß dieses Einschnüren einer Achse nichts anderes ist als eine lokale, künstliche Vermehrung des Rindendruckes. Nur findet hier alsbald der extremste Fall von Rindendruck statt, indem die Neubildungen unter der geschnürten Stelle allmählich bis auf ein Minimum reduziert werden und endlich gänzlich aufhören. Die Holzelemente in der Nähe des schnürenden Bandes kommen dabei aus ihrem senkrechten Verlaufe und nehmen eine schiefe, ja selbst bis zur horizontalen sich verschiebende Lagerung an.

Schließlich wird die Verdickung des Baumes namentlich durch den Aufstau des im Absteigen gehinderten plastischen Materials oberhalb der geschnürten Stelle so groß, daß die Rinde oberhalb und später auch unterhalb des Bandes reißt, also nun der Rindendruck fast gänzlich aufgehoben wird. Die Folge der lokalen Überernährung und des fehlenden Rindendrucks ist eine üppige Bildung von Parenchymholz, das mit dem Älterwerden des Pflanzenteils in den späteren Jahreslagen allmählich in normales Holz übergeht und das Band bzw. den Draht gänzlich überwallt. Eine solche überwallte Schnürstelle hat dann äußerlich große Ähnlichkeit mit einer Veredlungsstelle, im inneren Bau natürlich nicht. In die im Bade Kösen sehr bekannte, schon S. 138 erwähnte sehr dicke Platane im Garten von Apels Hotel ist in die beiden Hauptäste ein dickes Eisenband so tief eingewachsen, daß an den Außenseiten sich über dem Eisen die Rinde bereits wieder völlig geglättet hat; nur an den vier Austrittsstellen des Eisens zeigt die Rinde zitzenartige Wülste.

In Abb. 222 sind zwei verschiedene Stadien des Einschnürens dargestellt. Abb. 222, *1* ist ein einjähriger Ahornzweig, der eine Schnürstelle

[1]) Mäule, C., Der Faserverlauf im Wundholz. Bibliotheca botanica Heft 33. Erwin Naegele. Stuttgart 1896.

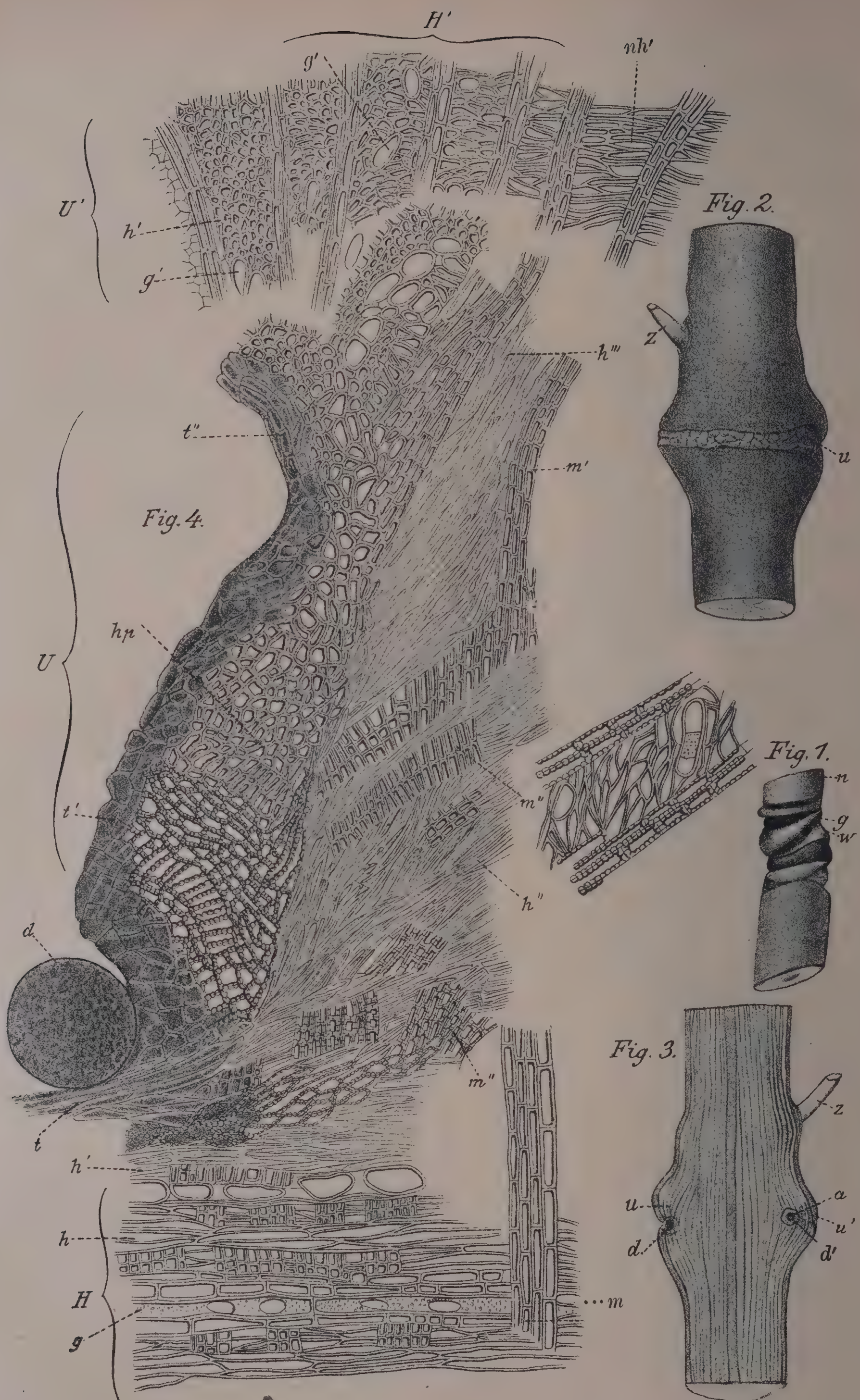


Abb. 222. **1** ist ein einjähriger geschnürter, **2** ein mehrjähriger Zweig mit überwalltem Drahtring. **3** Längsschnitt durch Abb. **2**, **4** anatomisches Bild eines Längsschnittes aus der Abb. **3**, *a* stammenden Zone. (Orig. Sorauer.)

von wenigen Monaten besitzt. Abb. 222, *2* zeigt ein älteres Aststück, das eine mehrjährige Überwallung eines Drahtringes aufzuweisen hat. Abbildung 222, *3* ist der Längsschnitt von Abb. 222, *2*, und im ersteren ist *d* und *d'* der Durchschnitt des Drahtringes, *u* der Überwallungsrand, welcher an der einen Seite (*u'*) durch die erhöhte Nährstoffzufuhr seitens des überstehenden Zweiges *z* stärker entwickelt ist und den Draht früher überwallt hat als an der Gegenseite.

Die anatomische Untersuchung des in Abb. 222, *1* dargestellten Stadiums ergab, daß das Schnüren anfangs nicht sehr durchgreifende Veränderungen hervorzurufen vermag. Den wesentlichsten Nachteil hat die Rinde erlitten, und zwar sind es vorzugsweise die in der primären Rinde nach außen hin zwischen den Hartbastzellen bzw. den Steinzellnestern und der Epidermis liegenden Zellschichten, welche zusammengedrückt worden sind. Am stärksten zusammengepreßt erscheinen die dem Hartbast am nächsten liegenden Zellagen; weniger scharf ist der Einfluß auf die nach außen folgenden, oft schon kollenchymatisch verdickten Lagen; ihre Zellen werden auf die Hälfte bis auf ein Viertel ihres normalen Querdurchmessers zusammengedrückt, und es scheint, als würden sie dabei auch etwas verlängert gegenüber den entsprechenden, an einer ungeschnürten Stelle liegenden Zellen. Die subepidermalen, fast quadratischen Zellen werden auf etwa die Hälfte ihres Querdurchmessers zusammengepreßt; am wenigsten leidet die Epidermis.

Wenn, wie hier in Abb. 222, *1*, das schnürende Band mehrmals um den Zweig geschlungen ist, dann machen sich zwischen je zwei Umschlingungen scheinbar weit vortretende Wülste bemerkbar. In diesen ist die erwähnte Rindenpartie in der entgegengesetzten Weise wie an der Schnürstelle ausgebildet. Die im normalen Zweige in der Längsrichtung gestreckten, dem Hartbast angrenzenden Zellen sind radial bedeutend erweitert, ja kommen selbst lang zylindrisch in einer senkrecht auf die Hartbastzellen verlaufenden Richtung vor; dadurch wird das über ihnen liegende Rindengewebe, das weniger an der radialen Erweiterung teilnimmt, in die Höhe gehoben. Übrigens sind die zwischen zwei Schnürstellen liegenden Aufwulstungen gar nicht absolut groß; sie erscheinen nur im Gegensatz zu den Vertiefungen besonders auffallend. Den Ausbuchtungen und Pressungen der primären Rinde folgen, wenn auch mit weit geringeren Schwankungen, die sekundäre Rinde und der Holzkörper. Der Druck, welcher sich auf die Gewebe geltend macht, wirkt nicht nur so weit, als gerade das Band auf der Rinde aufliegt, sondern auch noch etwas ober- und unterhalb der eigentlichen Schnürstelle; man merkt dies an dem Querdurchmesser der Zellen. Diese zeigten im Mittel aus zehn Messungen ein gegenseitiges Verhältnis.

normale Abb. 222, *1n*	Wulst Abb. 222, *1w*	geschnürt Abb. 222, *1g*
	in der Rinde	
11,2	11,8	9,4
	im Holz	
7,3	6,9	4,6

Nach diesen Mittelzahlen, deren Glieder übrigens bedeutende Schwankungen darstellen, gibt sich also nur in den rundlich und weiter erscheinenden Rindenzellen eine Vergrößerung kund; die Holzzellen dagegen erscheinen etwas enger als im normalen Holze, wobei jedoch zu betonen,

daß dieselben größten Breitendurchmesser der Holzzellen im Wulst wie in dem normalen von der Schnürstelle entfernten Zweigteile angetroffen werden und nur die Häufigkeit des Vorkommens den Ausschlag gibt.

Wenn die Schnürstelle jedoch älter wird, ohne daß das Band gelockert oder gelöst werden kann, wie dies bei der in Abb. 222, *2* und *3* dargestellten Drahtumschlingung der Fall ist, dann nimmt endlich durch das Dickenwachstum des Holzkörpers des Stämmchens der Druck des Drahtes auf die Rindenschichten derartig zu, daß dieselben getötet und in eine braune, krümelnde Masse verwandelt werden. Schließlich reißt die gesunde Rinde ober- und unterhalb des Drahtes ein, und nun beginnt der Einschluß des Drahtes durch Überwallung. Dadurch, daß die überwallenden Schichten des Jahresringes in Holz und Rinde bedeutend dicker als an den vom Draht entfernten Stellen sind, tritt die ehemalige Schnürstelle als bedeutender Wulst hervor.

Abb. 222, *4* zeigt den in Abb. 222, *3* bei *a* angedeuteten Ausschnitt wesentlich vergrößert. Wir sehen hier im Längsschnitt einen kleinen Teil des alten Holzes des Zweiges *H* vor der Anlegung des Drahtes *d* und gewahren die Neubildungen des Überwallungsrandes zunächst in der engsten Umgebung *U* des Drahtes und darauf eine Fortsetzung dieses Gewebes aus einer älteren Jahreslage *U'*. Die Übergänge sind aus Mangel an Raum fortgelassen worden; ebenso fehlt die Darstellung der über *U'* hinausgehenden Verschmelzung dieses ganzen oberen Überwallungsrandes mit dem unteren und die Darstellung des Überganges von den wirr verlaufenden Holzelementen des Überwallungsrandes zu dem normalen Holzbau, wie derselbe in den späteren Jahreslagen über der Drahtstelle wieder allmählich zustande kommt.

Wäre das Holz ohne die Behinderung durch den Draht normal weiter gewachsen, dann hätte der Bau derselbe bleiben müssen, wie er in *H* vor der Schnürung sich darstellt; es wären in regelmäßiger Aufeinanderfolge Holzzellen *h* mit Gefäßröhren *g* gebildet worden, und dieses weite Holz wäre durch radial verlaufende Markstrahlen *m* regelmäßig gefächert worden. Statt dessen sehen wir nun durch den Einfluß des Drahtes ein Holz an der Schnürstelle und oberhalb derselben, *h' h''*, entstehen, das fast nur aus Holzzellen ohne Gewebe zusammengesetzt ist. Diese Holzfasern lagern sich auch nur noch im Anfang bei *h'* genau in der Längsrichtung des Zweiges; je mehr sie sich in der Richtung von *h''* und *h''''* befinden, um so schräger verlaufen sie, um so gedrehter erscheinen sie. Das nach dem Umlegen des Drahtes gebildete Holz ist also dichter, gefäßärmer und gedrehter geworden. Die Markstrahlen, welche sonst als gerade radiale Bänder vom Marke nach der Rinde hin verlaufen, machen dieselbe Drehung und das Ausweichen nach oben mit wie die Holzzellen, so daß ein genau in der Richtung des Stammradius geführter Schnitt verschiedene der gebogen verlaufenden Strahlen *m''* anschneidet.

Den Unterschied zwischen Holzzellen und Markstrahlzellen bemerkt man aber erst in einiger Entfernung von dem Drahte. In dessen unmittelbarster Nähe finden wir ein fast gleichmäßiges parenchymatisches Holz *hp*, dessen Randpartie abgestorben und schwarz ist und den dunklen Strich darstellt, den wir in Abb. 222, *3* vom Draht *d'* aus eine kleine Strecke aufwärts verlaufen sehen. Die schwarze Furche geht nicht mehr ganz nach außen, da die späteren Jahreslagen (Abb. 222, *3 u'*) schon miteinander verschmolzen sind. Diese zu einer gemeinsamen, zusammenhängenden

Holzlage miteinander verbundenen Überwallungsränder sind in Abb. 222, *4* durch das Gewebe *d'* angedeutet. Hier finden wir die Gefäße *g'* und die Holzzellen *nh'*, wie im normalen Holze (nur kürzer) gebildet; aber ihr Verlauf ist in der Ebene, welche in gleicher Höhe mit dem Draht liegt, horizontal statt vertikal. Erst wenn man sich etwas von der eigentlichen Schnürstelle nach oben oder unten entfernt, fangen diese Elemente an, allmählich in den senkrechten, normalen Verlauf überzugehen (Abb. 222, 4*g'h'*). Die gebräunte bzw. geschwärzte Zone *hp* setzt sich nicht mehr bis *U'* fort.

Nicht ohne Grund ist die Bezeichnung „gebräunt beziehungsweise geschwärzt" gewählt worden; denn die Färbung ist von *t* bis *t'* vollkommen tintenschwarz, von da aus nach *t''* braunschwarz. In der Tat ist es auch Tinte, welche den geronnenen Zellinhalt in der Nähe des Drahtes färbt. Die Gerbsäure des Gewebes hat sich mit dem Eisen des Drahtes verbunden und damit den Zellinhalt der nächsten Umgebung getötet. Diese Verbindung ist nun auf weitere Strecken diffundiert, und zwar in dem Markstrahlgewebe weiter in das alte Holz hinein als quer durch die Holzzellen hindurch. Daß der Draht direkt am alten Holze liegt und eine Zone desselben schon getötet hat, darf nicht in Erstaunen setzen, wenn man bedenkt, daß der immer stärker werdende Druck des sich ausdehnenden Stammes auf den nicht nachgebenden Draht dazu führt, die weiche Rinde und das Kambium zusammenzudrücken und zu töten. Das tote Gewebe ist nur noch in schwachen Resten am Draht erkennbar.

Der praktische Zweck des Schnürens ist derselbe wie der des Ringelns, aber ohne die Gefahr, welche eine gänzliche Fortnahme größerer Rindenpartien mit sich bringt.

Überwallungsvorgänge bei einjährigen Zweigen.

Nach dem Durchschneiden einjähriger Zweige sieht man namentlich infolge der mangelhaften Ernährung des knospenlosen Spitzenstumpfes, daß sie von der Schnittfläche aus auf eine kleine Strecke hin absterben. In Abb. 223 sehen wir die Spitze eines einjährigen Kirschenzweiges, der von der Schnittfläche aus etwas zurückgetrocknet ist. Abb. 224 zeigt denselben der Länge nach durchschnitten; *ss'* ist die ursprüngliche Schnittfläche, *t* ist die Grenzschicht, bis zu welcher der Zweig abgestorben ist, *a* eine dabei häufig sich bildende Anschwellung. Das anatomische Bild liefert Abb. 225. In dieser ist *s* bis *s'* die Schnittebene, *ah* das letzte, peripherische Stückchen des vom Schnitt getroffenen alten Holzes, *ar* die alte Rinde mit ihren äußeren normalen Korkschichten *k*. Von dieser Rinde ist das mit *t* bezeichnete Gewebe zurückgetrocknet, und zwar ist das Absterben des Gewebes in der Umgebung der Hartbaststränge *b* am tiefsten nach abwärts gedrungen; der Baststrang selbst ist ebenfalls tot und ragt nebst den auch nur wenig zusammenschrumpfenden äußeren Korkschichten der Rinde aus dem verfärbten Parenchym hervor. Die Schnittfläche ist dadurch uneben und faserig.

Der nächste Vorgang, der sich nach der Verletzung und dem Absterben des oberen Rindengewebes einleitet, besteht in der Abgrenzung des abgestorbenen Gewebes von dem gesunden durch Bildung einer Korkzone (*k'*, *k''*). Um die Basis des Bastbündels bildet sich die Korkzone stärker aus und stellt eine fächerförmige Umwallung (*k''*) dar. Darauf beginnt die Zellvermehrung in den der Schnittfläche zunächst liegenden Schichten der Kambiumzone *c*

und der angrenzenden inneren Rinde, welche zur Zeit der Ausführung des Schnittes dicht auf dem Holzkörper *ah* auflagen.

Genau wie die Vorwölbung des Längswulstes an der Schröpfwunde in Abb. 225 baut sich eine vorgewölbte Rindenzone *nr* aus den Produkten der Kambiumzone und der jungen Rinde auf, und diese Vorwölbung umkleidet sich in derselben Weise mit einem Korkgürtel (*k''*). Die durch den Druck der neu hergestellten Wundrinde in ihrer Ausbildung sich allmählich

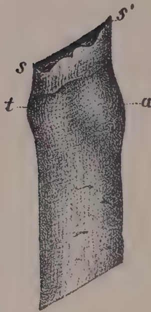


Abb. 223.

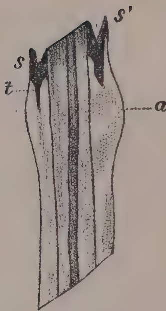


Abb. 224.

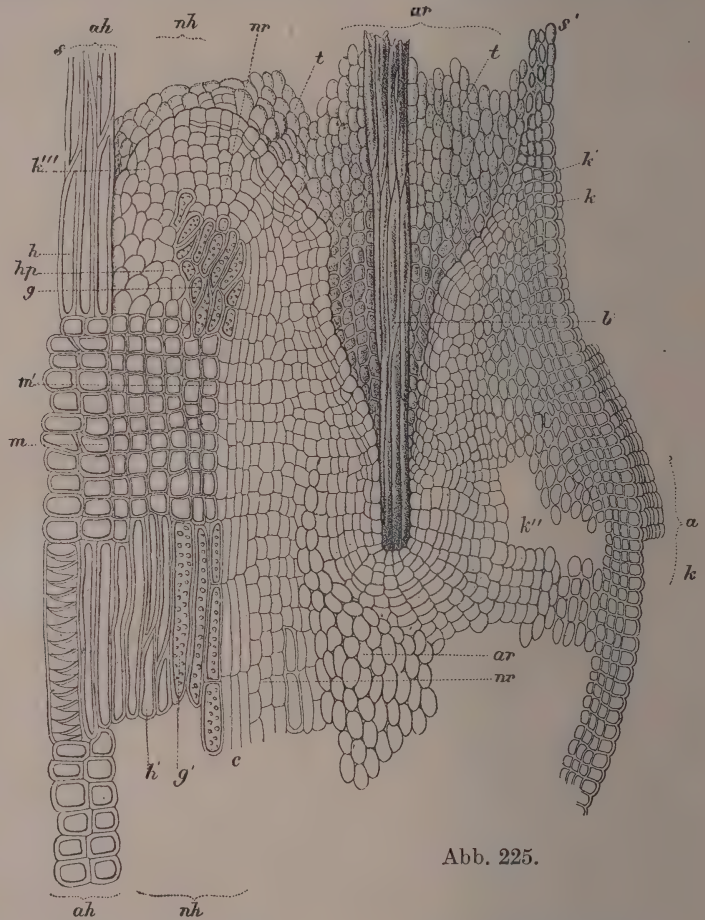


Abb. 225.

Quer abgeschnittener einjähriger Süßkirschenzweig mit eingetrockneter Schnittfläche. Abb. 223. Der Zweig erscheint von der Schnittfläche aus etwas zurückgetrocknet und unterhalb des trockenen Gewebes mit einer Anschwellung *a* versehen. — Abb. 224. Derselbe Zweig in der Mittellinie durchschnitten. — Abb. 225. Anatomisches Bild der Region *a* bis *s'* von Abb. 224. (Orig. Sorauer.)

ändernden Holzproduktionen der Kambiumzone stellen sich zunächst wieder dar als Parenchymholz *hp*, in welchem strangweise kurze, poröse Gefäßzellen (*g*) auftreten. In dem Maße, als man von der Schnittfläche aus abwärts die Bildung des neuen, nach der Verwundung entstandenen Holzes verfolgt, findet man, daß die Elemente desselben immer mehr den normalen, gestreckten, derbwandigen ähnlich werden (*g'*, *h'*). In der Zeichnung ist der Übergang von den kurzen Gefäßelementen zu den langen unterbrochen

durch die Fortsetzung eines alten Markstrahles (m) zu dem Markstrahl (m') des Neuholzes.

Außer dieser Neuholzbildung macht sich, unabhängig von ihr, noch eine andere Zellvermehrung in der Rinde in der Nähe des Hartbastbündels geltend. Die Parenchymzellen teilen sich und vermehren dadurch die Dicke der ursprünglichen Rinde, welche durch diese Neubildung aufgetrieben wird und den äußerlich sichtbaren Buckel (Abb. 223*a*, 224*a*, 225*a*) darstellt. Unter Umständen ist die Neubildung in der Rinde derartig intensiv, daß daselbst eine lange Zeit in Tätigkeit verbleibende Meristemzone entsteht, die Holz- und Gefäßelemente produziert und Veranlassung zur Bildung von Holzsträngen in der Rinde gibt, wie bei der Entstehung der Knollenmaser gezeigt werden soll.

Naturgemäß wird auch hier überall die Überwallung desto schneller gehen, je kräftiger der betreffende Baum wächst, und je langsamer, je mehr er im Wachstum gestört ist. Deshalb ist auch die Frage strittig, ob es zweckmäßig ist, einen frisch verpflanzten Baum zu schneiden. Neuerdings wird dies wieder von Chittenden[1]) empfohlen, der die Nachteile viel geringer fand als die Vorteile.

Die in Abb. 225 gegebene Darstellung eines abgeschnittenen Zweiges stimmt nicht ganz mit der Vorstellung, die wir von der überwallenden Querwunde eines Zweigstumpfes haben. Der Grund liegt darin, daß wir meist solche Schnitte im Auge haben, die spät im Frühjahr oder Sommer an älteren Zweigen ausgeführt worden sind. In diesen Fällen ist die Vertrocknung des Gewebes von der Wundfläche aus eine sehr geringe bis zur Zeit des Eintritts der Wundheilung, also bis zur Bildung des Überwallungsrandes (*nr*, *nh*). Dieser Überwallungsrand tritt darum bald über die Schnittfläche hervor und lagert sich im Bogen über das alte Holz, das zur Zeit des Schneidens schon gebildet war und das in *ah* angedeutet ist. Die Lagerung der Elemente entspricht dann der Bildung des Calluswulstes an Stecklingen, die in Abb. 239, 240 abgebildet sind; der Charakter der Zellelemente bleibt derselbe, wie ihn Abb. 225 zeigt.

Wenn der Zweig älter wird und die aus der Kambiumzone hervorgehenden Holzlagen immer dicker werden, wird auch der über die Schnittfläche eines Zweiges allseitig hervorquellende Überwallungsrand immer stärker, bis die gegenüberliegenden Seiten desselben einander berühren und miteinander zu einer Kappe verschmelzen, welche die Schnittfläche gänzlich einhüllt.

Jeder Überwallungsrand beginnt in der Weise, wie er in Abb. 200 im Querschnitt dargestellt worden ist. Man kann daher mit Recht bildlich sagen, daß die neuen Holzlagen, die nach der Verwundung gebildet werden, sich über den durch den Schnitt bloßgelegten alten Holzkörper ergießen und denselben kappenförmig endlich einschließen.

Ganz ähnlich, nur durch die Quetschungen, die ein stärkeres Eintrocknen der Spitze bedingen, verschlimmert, sind die Wunden, die durch Abbeißen von Zweigspitzen durch Tiere entstehen. An Orten, wo Weidevieh in den Forsten getrieben wird, verursacht dasselbe häufig mehr Schaden als das Wild. Wurzeln werden bloßgetreten in dem Maße, daß Bäume an den Triebpfaden eingehen. Schafe und Ziegen verbeißen Lärchen, Tannen

[1]) Chittenden, F. J., Comparison on the growth of apple trees pruned and not pruned in the season of planting. Journ. of the R. Horticult. Soc. XLI, 1 (1915), S. 97—109.

und Fichten usw. Wie v. Mohl andeutet und Ratzeburg bestätigt, vertragen die Nadelhölzer weit weniger Verletzungen als die Laubhölzer.

Zahlreiche und schöne Abbildungen von Bäumen, die durch Weidevieh verbissen worden sind, liefert Klein in seinem neuesten forstbotanischen Merkbuche[1]), schon früher behandelte Frank[2]) den Ersatz verstümmelter Zweige an verschiedenen Gehölzen.

Eine besondere Form des Wundabschlusses bei einem Langtrieb beobachtet Graves[2]) bei *Pinus excelsa*; ein Kurztrieb übernahm die Fortsetzung des Sprosses.

b) Wurzeln.

Wurzelwunden.

Endständige Wurzelwunden verheilen durch die überwiegend absteigende Richtung des Stromes plastischen Materials leichter und schneller. Bei großer Bodenfeuchtigkeit ist das Stadium der Callusbildung ausgedehnter, die Umbildung des Callusgewebes zum festeren Überwallungsrand



Abb. 226. Flachstreichende Erlenwurzel, durch Fußtritte abgeschliffen. (Orig. Sorauer.)



Abb. 227. Harzgallen mit Maserwuchs auf der Oberseite der Stelzenwurzel der Kiefer (nat. Größe). (Orig. Sorauer.)

[1]) Klein, Ludwig, Bemerkenswerte Bäume im Großherzogtum Baden. 214 Abb. Heidelberg 1908, Winters Universitätsbuchhandlung.

[2]) Graves, A. X., A case of abnormal development of a short growth in Pinus excelsa. Torreya, XIII (1913), S. 156.

langsamer und die Möglichkeit einer Infektion durch holzzerstörende Pilze größer. Diese Faktoren verlieren aber an Bedeutung, wenn die Wundfläche offen zutage tritt. Der Einfluß von Licht, Wärme und Trockenheit erleichtert dann den Wundschluß. Den besten Beweis liefern die vom Publikum stark besuchten Wälder in der Umgebung großer Städte, wo die flachstreichenden starken Wurzeläste durch den Fußtritt der Besucher oberseits beständig abgeschliffen werden und trotzdem Gelegenheit finden, die Wundflächen immer noch durch Überwallungsränder zu umgrenzen. Die Abbildungen von 226 bis 228 zeigen derartig abgetretene Wurzeln. Im Querschnitt von Abb. 226 ist angedeutet, daß von der verletzten Stelle aus eine parasitäre Wundfäule nicht eingetreten ist; der untere Teil der Wurzel zeigt gesundes Holz.

Auf Abb. 1/2 S. 69 sind einige Kiefern des Berliner Grunewaldes dargestellt, deren flach streichende Wurzeln dauernd namentlich von der Jugend betreten und verletzt wurden. Es zeigen sich infolgedessen auf der Oberseite der starken, mit Borke dick bekleideten Wurzeläste reihenweise zahlreiche Holzknollen. Dieselben sind in Abb. 227 in natürlicher Größe dargestellt; sie bilden halbkugelige, bis 1,5 cm hohe warzenähnliche Erhebungen mit trichterförmig vertiefter Mitte; in Färbung und Borkenbedeckung stimmen sie mit dem übrigen Wurzelkörper überein.



Abb. 228. Querschnitt durch eine Harzgalle auf der Stelzenwurzel der Kiefer. (Orig. Sorauer.) Vgl. S. 69 Abb. 1, 2.

Der Querschnitt Abb. 228 zeigt die siebenjährige Überwallung eines Krankheitsherdes, der durch eine gleichartige Harzmasse gebildet ist. Diese durch Resinose des Holzkörpers entstandene Harzgalle ist nach außen aufgerissen und im folgenden Jahre überwallt worden. Die Überwallungsränder, die in den ersten Jahren noch miteinander verwachsen waren, sind in der späteren Zeit durch immer neue Verletzungen aber immer weiter voneinander geblieben, und auf diese Weise ist die trichterförmige Öffnung am Gipfel der Holzknolle entstanden. Die neuen Jahresringe verharzen alljährlich, und zwar stets im ersten Frühlingsholz, das zum Teil aus parenchymatisch gestalteten Zellen besteht. Durch das Zusammentrocknen der resinosen Gewebe, teilweise auch durch Harzaustritt, entstehen die Harzlücken (H), die immer schwieriger zu überwallen sind, so daß die letzten Überwallungsränder (U) schon weit voneinander entfernt bleiben. Dabei zeigen dieselben einen äußerst unregelmäßigen Bau, der zwischen je zwei starken Markstrahlen innerhalb desselben Jahresringes oft wechselt, In der Zeichnung zeigt G das normale Holz im Querschnitt und M den vollständig wimmerigen Verlauf der Tracheiden im Längsschnitt innerhalb desselben Jahresringes wie bei den echten Masern.

Am meisten Beachtung verdienen die Wunden, die bei dem Verpflanzen der Bäume entstehen. Beim Verpflanzen älterer Bäume mit hoch ent-

wickelten Kronen und weitverzweigtem Wurzelwerk ist das Abhacken stärkerer Wurzeläste nicht zu umgehen, daher ist die Gefahr des Eintritts einer parasitären Wurzelfäule, die allmählich in den Stamm hinein sich fortsetzt, sehr naheliegend. Aber selbst wenn dieser Gefahr dadurch vorgebeugt wird, daß die Hieb- oder Sägewunden sofort mit Steinkohlenteer bestrichen werden, bleibt das Verpflanzen alter Bäume immer eine gefährliche Operation, weil der Wurzelapparat bis zur Bildung neuer Wurzelfasern außer Tätigkeit gesetzt wird und die Krone während dieser Zeit von dem im Holzkörper gespeicherten Wasservorrat zehren muß.

Um den Eintritt der Fäulnis möglichst zu verhindern und die Überwallung der Wunde zu beschleunigen, ist es bei den Gärtnern allgemein Brauch, die beim Ausgraben gequetschten, zerfaserten, gespaltenen oder geknickten Teile aller stärkeren Wurzeln durch einen glatten Schnitt abzutrennen, und zwar so, daß der Schnitt möglichst wagerecht, also parallel zur künftigen Bodenoberfläche geführt wird. Dadurch wird ein gleichmäßiges Herausquellen des Calluswulstes im ganzen Umkreise des Schnittes veranlaßt und damit eine gleichmäßige Erzeugung von Adventivwurzeln aus dem Callus.

Je älter ein Wurzelast ist, desto spärlicher ist die Entwicklung neuer Faserwurzeln an der Schnittfläche, desto größer ist diese selbst, desto langsamer ihre Überwallung, und desto näher liegt die Gefahr des Eintritts einer Wurzelfäule, die R. Hartig[1]) für Nadel- und Laubhölzer eingehend schildert.

Daher gilt als erste Regel, die Stämme so zu erziehen, daß lange, sich weit erstreckende stärkere Wurzeläste, wie sie die Bäume bei ungestörter Entwicklung auf derselben Stelle zu bilden pflegen, möglichst vermieden werden und das Wurzelsystem in Form eines Netzes dicht beieinander stehender, kurzer, aber reichverzweigter Äste herangezogen wird. Das geschieht durch wiederholten Wurzelschnitt in den ersten Jahren.

Man hat mehrfach die Methode empfohlen, die jungen Baumschulbäume an ihrem langen Pfahlwurzelkörper zur Vermeidung der Wundfäule beim Verpflanzen nicht zu schneiden, sondern schneckenförmig einzurollen, und auch der erfahrene Göppert[2]) steht auf dieser Seite. Tatsächlich entwickeln gekrümmte Wurzeln an ihrer Konvexseite schnell Nebenwurzeln[3]).

Der Wurzelschnitt zur Unterdrückung zu starker Holzentwicklung und damit zur Förderung der Blütenbildung ist eine altbekannte Kulturmaßregel bei der Zwergobstbaumzucht. Ein Teil der Wurzeln wird abgestochen und damit der oben S. 287 beschriebene Blütendrang hervorgerufen (vgl. Abb. 61, 62, an denen durch verschiedene Ursachen gleiche Bilder hervorgerufen werden). Über die gleiche Maßnahme an Krautpflanzen berichtet Minora Shiga[4]). Von den verschiedenen Versuchspflanzen reagierten die einzelnen Arten verschieden auf die gleichen Eingriffe. Bei

---

[1]) Hartig, R., Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelbäume und der Eiche. Berlin 1878. — Lehrbuch d. Pflanzenkrankh. III. Auflage, Berlin 1900. Springer, S. 263.

[2]) Göppert, Innere Zustände d. Bäume nach äußeren Verletzungen. Breslau 1873.

[3]) Noll, Fr., Über den bestimmenden Einfluß von Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln. Landwirtsch. Jahrb. 1900; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XII (1902), S. 55.

[4]) Minora Shiga, On the effect of a partial removal of roots and leaves upon the development of flowers. Journ. College of Science, Tokyo. XXIII (1907), art. 4.

Pharbitis, Pisum arvense und *Vicia faba* veranlaßte die Wegnahme der Hauptwurzeln und einiger Nebenwurzeln eine ungewöhnlich frühe und üppige Entwicklung der Blüten, bei *Fagopyrum* war dies nicht der Fall. Abschneiden aller Seitenwurzeln beförderte bei *Vicia faba* und *Pisum sativum* die Blütenbildung, bei *Pisum arvense* aber nicht.

Es empfiehlt sich, Sämlinge gleich beim ersten Verpflanzen zu schneiden, so daß sich am Wurzelhalse mehrere Wurzeläste bilden, die in der Nähe der Schnittfläche im zweiten Jahre neue Seitenachsen entwickeln.

Es wird dadurch nicht nur eine Vermehrung der Aufnahmeorgane erlangt, sondern auch die Herstellung eines die Erde zwischen seinen zahlreichen Ästen gut haltenden Wurzelballens erzielt.

Die anatomischen Veränderungen, welche bei der Verletzung jüngerer Wurzeln, namentlich aber bei Keimwurzeln eintreten, sind zunächst von Prantl[1]) eingehend studiert worden. Er zeigte an Gemüsepflanzen (Erbsen, Pferdebohnen u. a.), daß der Verlust der zarten Wurzelspitze durch Neubildung derselben unter Beteiligung aller Gewebesysteme vollkommen ersetzt wurde, sobald die Verletzung dicht an der Spitze der Wurzel stattfand. Schnitt er eine Keimwurzel etwas weiter hinter dem Scheitel ab, dann trat auch eine Regeneration ein; aber es beteiligten sich nicht mehr alle Gewebe, sondern nur die jugendlichen Gefäßbündelstränge. Der Schnitt endlich, der fast ausschließlich in der Praxis angewendet wird, nämlich der das fertig ausgebildete Gewebe verletzende, bringt keine Regeneration der Wurzelspitze mehr zuwege, sondern es tritt Callusbildung von dem Rindenkörper her ein, wodurch die Schnittfläche überdeckt wird.

Noch umfassender und vielseitiger ist die Arbeit von Nemec[2]).

Gegenüber der Annahme, daß echte Regenerationen, bei welchen ein vom Individuum abgetrennter Teil direkt in seiner ursprünglichen Form und mit seinen ursprünglichen physiologischen Eigenschaften neu gebildet wird, im Pflanzenreiche selten wären, zeigen die Versuche zunächst für die Wurzeln das Gegenteil.

Es handelt sich nur darum, daß die Verletzung an möglichst jungen Organen stattfindet. Bei den Wurzeln bleibt die Restitution eigentlich auf die Zonen beschränkt, wo an der ganzen Wundfläche (vielleicht mit Ausnahme der Epidermis und der äußersten Rindenschichten) die Zellen noch meristematisch sind. Sobald sich die Zellen der äußersten Rindenschichten samt den zentralen Skleromreihen dem Dauerzustand nähern, beteiligen sich an der Regeneration nur noch die meristematischen, dem Perikambium anliegenden Zellschichten. Es zeigt sich ferner, daß der Vegetationspunkt einer Wurzel, dessen meristematische Zellen äußerlich recht gleichartig erscheinen, doch bereits eine gewisse Spezialisierung besitzt. Die Zellen sind nicht äquipotentille und können nicht unter willkürlich veränderten Bedingungen auch veränderte Gewebe erzeugen. Solche ganz spezifischen Differenzierungen liegen in den „Statozyten" vor. Die Beweglichkeit der Stärkekörner bei denselben setzt ganz spezifische Eigenschaften des Protoplasmas voaus; denn in verschiedenen kallusartig hypertrophierten Zellen werden ebenfalls Stärkekörner gebildet,

[1]) Prantl, Untersuchungen über die Regeneration des Vegetationspunktes an angiospermen Wurzeln. Würzburg 1873.

[2]) Nemec, B., Studien über die Regeneration. Berlin 1905, Gebr. Bornträger.

welche zuweilen noch größer sein können als die der Statozyten und doch unter dem Einfluß der Schwerkraft nicht leicht beweglich sind. Daß sie dennoch spezifisch schwerer sind als das Plasma, beweist der Umstand, daß sie unter Einwirkung einer genügend starken Zentrifugalkraft sich zentrifugal bewegen. Es muß somit das Plasma der Statozyten ein geringes spezifisches Gewicht haben und sehr dünnflüssig sein, also sehr wenig Bestandteile von größerer Konsistenz enthalten. Auch entdeckte Nemec eigenartige Plasmaansammlungen in den Statozyten der Wurzelhauben, die sicherlich eine besondere Reaktion vorstellen.

Wenn eine junge Wurzel nicht mehr innerhalb, sondern oberhalb ihrer Wachstumszone abgeschnitten wird, tritt keine Regeneration, sondern Substitution ein, indem neue Nebenwurzeln entstehen, von denen die der Wundfläche nächststehenden durch ihre geotropische Sensibilität veranlaßt werden, mehr senkrecht abwärts zu wachsen, als sie bei unverletzter Hauptwurzel gewachsen wären. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, daß diejenigen Bodenschichten zur Ernährung ausgenutzt werden, welche die senkrecht absteigende Hauptwurzel hätte durchqueren müssen[1]). Bisweilen tritt nach Verletzung oder Entfernung der Hauptwurzel eine Verbänderung der Nebenwurzeln ein; Lopriore[2]) vermochte diese Verbänderung künstlich hervorzurufen und untersuchte die Verheilungen bei Spaltung usw.



Abb. 229. Ast einer Fichtenwurzel, an der sich oberhalb der abgestorbenen Spitze ein fleischige Ersatzwurzel gebildet hat (vgl. auch S. 200, Abb. 34 f.). (Nach Nobbe.)

Über die Ergänzungen von durch Trockenheit abgestorbenen Wurzelspitzen vgl. S. 200f., Abb. 34, 35.

In Abb. 229, *a* sehen wir eine Ersatzwurzel, die oberhalb der abgestorbenen Spitze des Hauptastes (*AA*) sich entwickelt hat. Das Ersatzorgan ist viel kräftiger und fleischiger als die früher gebildeten Seitenwurzeln. Vgl. auch die Abb. 34, S. 200, Abb. 35, S. 201.

Anpassungen des Wurzelkörpers der Holzpflanzen.

Besonders interessant sind im Gebirge die Anpassungserscheinungen des Wurzelkörpers an den Gesteinsboden und die dabei auftretenden Ersatzbildungen. In Abb. 230, 231 sehen wir eine Eichenwurzel, welche sich durch eine Gesteinsspalte ihren Weg gebahnt und bei ihrem fortgesetzten Dickenwachstum innerhalb der Spalte eine abgeflachte, brettartige Gestalt angenommen hat. Nach dem Austritt aus dem Gestein ist der Wurzelkörper zur zylindrischen Form zurückgekehrt. Es lehrt dieses Beispiel erstens, daß trotz des Druckes, den die starke Wurzel so viele

---

[1]) Bruck, W. F., Untersuchungen über den Einfluß von Außenbedingungen auf die Orientierung von Seitenwurzeln. Zeitschr. f. allgem. Physiologie III, 1904, Heft 4.

[2]) Lopriore, G., I caratteri anatomici delle radici nastriformi. Roma 1902. — Note sulla biologia dei processi di regenerazione delle cormofite etc. Atti Acad. Gioenia. Catania XXI (1906). — Buscalioni, L., e Lopriore, G., Il pleroma tubulosa, l'endodermide midollare, la frammentazione stelare e la rhizorrizia nelle radici della Phoenix dactylifera. Atti dell Accad. sc. nat. III Mem. 1 (1910).

Jahre ausgehalten, die Leitungsfähigkeit für Wasser und plastisches Material in dem brettartigen Teile nicht unterbrochen worden ist. Zweitens bemerken wir oberhalb der brettartigen Abflachung ein Hervortreten adventiver Wurzeln.

Soweit wir Wurzeln haben untersuchen können, die sich in Gesteinsspalten abgeflacht hatten, konnten wir bemerken, daß die brettartige Abflachung des Wurzelkörpers dadurch zustande kamen, daß die alljährlich sich bildenden Holzringe an den Seiten, wo sie sich frei entwickeln konnten, also in der Richtung der Spaltfläche, sehr stark ausgebildet, dagegen an den Seiten, wo die Wurzel dem Gestein angepreßt gewesen, auf ein Minimum reduziert und schließlich unkenntlich wurden. An den freien Seiten war das Holz gefäßreich, in einzelnen Jahresringen sogar sehr breit und mit dicker Rinde versehen; an den unter Druck des Gesteins stehenden Wurzelseiten wurde das Holz gefäßlos, kurzzellig und aus schief aufsteigenden, statt vertikal verlaufenden Holzfasern gebildet. Schließlich erkennt man keine Jahresringdifferenzierung mehr, und man sieht nur noch ein ganz schmales Korkband auf dem bisweilen parenchymatisch kurzzelligen Holze ohne erkennbare Markstrahldifferenzierung aufliegen.

Trotzdem ist die kambiale Tätigkeit an der brettartigen Wurzelstelle nicht erloschen, wie man dies bei dem Übergange des abgeflachten, in den zylindrisch weiter wachsenden Wurzelteil sieht. Die anatomischen Veränderungen in den zwischen Gestein eingepreßten Wurzeln nähern sich auffällig den durch künstliche Schnürung an oberirdischen Achsen erlangten Resultaten (vgl. S. 751ff., Abb. 222).

In Abb. 231 finden wir eine andere, ebenfalls von *Quercus pedunculata* stammende Wurzel, die sich wahrscheinlich nur zwischen Steinen hindurchgepreßt hat. Sie hat bei der Begegnung mit dem Hindernis ihres Längenwachstums sich gekrümmt und bei dem Weiterwachsen sich abgeflacht. Mit zunehmendem Alter ist die gepreßte Wurzelfläche ins Freie gelangt und hat an den frei gewordenen Seiten eine erhöhte Ausbildung der Holzringe erfahren, die sich nun ähnlich wie Überwallungsränder in großer Üppigkeit entwickelt haben. Die Quetschung, welche die Wurzel erlitten hatte, dürfte ähnlich wie eine Ringelung gewirkt und wie bei dieser eine Art Ringelwulst oberhalb der Druckstelle erzeugt haben.

Über den anatomischen Befund in den Anfangsstadien derartiger Abflachungen des Wurzelkörpers können wir uns durch die Untersuchungen von Lopriore[1]) einen Begriff machen. Derselbe beobachtete Adventivwurzeln bei Keimpflanzen von *Vicia faba*, die gezwungen waren, unter dem Seitendruck von nicht auseinanderweichenden Kotyledonen zu wachsen. Innerhalb der Drucksphäre erschienen diese zarten Wurzeln bandartig verbreitert, und nach Austritt aus der Druckregion wurden sie wieder normal zylindrisch, wie dies unsere alten abgebildeten Eichenwurzeln ebenfalls erkennen lassen. Bei den ganz jungen Wurzeln der Saubohne sah Lopriore an den nicht durch die Kotyledonen gedrückten Seiten die Epidermiszellen sich zu Wurzelhaaren verlängern. An den gepreßten Seiten dagegen waren nicht nur die Epidermiszellen tangential abgeplattet, sondern auch die zwei bis vier äußeren Rindenschichten bedeutend gepreßt, so daß sie eine Art peripherischen Gürtels um die Wurzel an diesen Seiten bildeten, wobei die radialen Wandungen dieser gepreßten Zellen zickzackförmig gefaltet

---

[1]) Lopriore, G., Verbänderung infolge des Köpfens. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XXII, Heft 5, S. 309.

wie bei einem Blasebalge erschienen. Die unter dem Druck der Kotyledonen stehenden Zellen erwiesen sich auch stofflich verändert, indem ihre Membranen entweder verkorkt oder „samt ihrem Lumen mit einer Art Schutzgummi imprägniert waren".

Bei Abb. 230 hatten wir bereits darauf aufmerksam gemacht, daß vor der brettartigen Abflachung sich mehrere Adventivwurzeln gebildet haben.

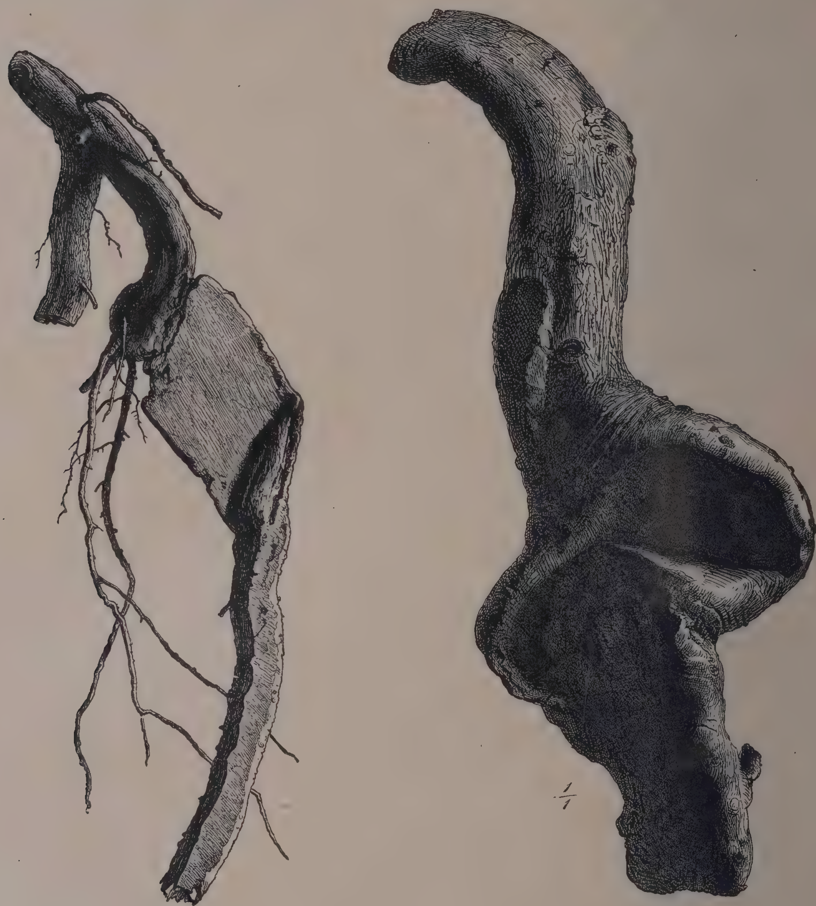


Abb. 230. Abb. 231.
Wurzeln von *Quercus pedunculata* zwischen Felsspalten[1]).
(Nach Döbner-Nobbe.)

Wie man sieht, hat hier die Wurzel vor dem Eintritt in die Gesteinsspalte eine Krümmung gemacht, und unter dem Einfluß der Krümmung hat an der freien, konvexen Außenseite sich die Neubildung von Adventivwurzeln eingeleitet. Wir erblicken darin eine Folge des Krümmungsreizes, den Noll[2]) in seiner Arbeit ausführlich besprochen hat. Die Eigenheit, daß bei

[1]) Vgl. auch Frank, A. B., Die Krankheiten der Pflanzen. S. 17, Abb. 2.

[2]) Noll, Vergleichende Kulturversuche. Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. f. Naturkunde. 1900. 5 S. Vgl. Bot. Jahresber. 1900, II, S. 304.

Wurzeln, die sich infolge eines ihrem Längenwachstum entgegentretenden Hindernisses krümmen müssen, an der Konvexseite der Krümmungsstelle neue Seitenwurzeln hervortreten, ist leicht zu beobachten.

c) Wundschutz bei Holzwunden.

Vom natürlichen Wundschutz haben wir teilweise schon gesprochen, insofern er durch Korkbildung hervorgerufen wird. Bei dem Holzkörper der Bäume aber findet sich keine die Wundfläche schnell deckende Korklage, sondern es füllen sich die Gefäße an allen den Stellen mit Thyllen oder einer gummiartigen, in kochender Salpetersäure meist leicht (bei den Correen schwer) löslichen Substanz (Wundgummi), wo gesundes an abgestorbenes Holz grenzt. Die Thyllen sind in der Regel von etwas Gummi begleitet. Beide Ausfüllungsarten machen das Holz der Aststumpfe für Wasser und Luft völlig undurchdringbar und bilden innerhalb der Vegetationszeit einen schnellen Verschluß. Aus dieser Beobachtung ergibt sich, daß wir gut tun, im Winter kurz vor Beginn der kambialen Tätigkeit die Bäume auszuschneiden[1]).

Bei einer größeren Anzahl von Holzgewächsen füllen sich die Gefäße und häufig auch einzelne der anderen Holzelemente mit kohlensaurem Kalk[2]). Derselbe zeigt sich in der Regel im Kernholz und denjenigen Gewebepartien, deren Zellen dem Kernholz ähnliche chemische und physikalische Beschaffenheit haben wie das vom Kernholz umschlossene Mark und das tote, verfärbte Holz in den Astknoten und an Wundstellen. Diese Ausfüllung ist eine meist so vollständige, daß man nach dem Verbrennen solcher Holzteilchen solide Kalkabgüsse der Zellen sieht, welche den Kalk enthalten haben. Der Vorgang läßt sich so erklären, daß überall da, wo sich für das die Holzzellen und Gefäße durcheilende Bodenwasser, das den Kalk als doppeltkohlensauren enthält, Gelegenheit findet, Kohlensäure abzugeben, sich der nun nicht mehr gelöst bleibende Kalk als Niederschlag auf der Innenseite der Gefäße absetzt. Im lebendigen Kernholze, das nicht wie der Splint noch das Kalksalz schnell verarbeitet, wird eine jede Temperaturerhöhung ein Entweichen von Kohlensäure veranlassen und einen Niederschlag von Kalk einleiten. Bei den Wunden wird durch das Freilegen des Gewebes ebenfalls die Kohlensäure verschwinden. Während nun der Splint, der keinen Kalk ablagert, durch die Thyllen- bzw. Gummibildung (wahrscheinlich infolge des Eintritts von Luft in vorher saftführende Gefäße) sich vor dem Eintritt der Atmosphäre schützt, sehen wir bei Kernholz die Kalkablagerung als Schutzmittel auftreten.

Im normalen Stamm tritt die Kernholzbildung erst in fortgeschrittenen Altersstadien auf; nach Verwundungen aber leitet sie sich sofort ein und gibt Veranlassung zur falschen Kernbildung[3]), die durch die Mitwirkung von Pilzen und Bakterien sich zum Faulkern[4]) umgestalten kann.

---

[1]) Böhm, Über die Funktion der vegetabilischen Gefäße. Bot. Zeitg. 1879, S. 229. Die äußerst reiche Literatur über Thyllenbildung findet sich bei F. Küster, Pathologische Pflanzenanatomie, 1903, S. 98ff.

[2]) Molisch, Über die Ablagerung von kohlensaurem Kalk im Stamme dikotyler Holzgewächse. Sitzungsber. d. mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse d. k. Akad. d. Wissenschaften zu Wien, LXXXIII, Nr. 13 (1881).

[3]) Tuzson, J., Anatom. u. mykolog. Untersuchungen über die Zersetzung u. Konservierung des Rotbuchenholzes. Berlin 1905; vgl. Centralbl. für Bakt. 1905, 2, XV, S. 482.

[4]) Herrmann, Über die Kernbildung bei der Buche. Naturf. Ges. Danzig XI (1905), S. 77; vgl. Bot. Centralbl. XCIX (1905), S. 482.

Dieses Eingreifen von Mikroorganismen hat zur Aufstellung einer Reihe parasitärer Krankheiten geführt, die aber im wesentlichen auf Störungen im Wundheilungsprozeß beruhen. Daß man den Vorkehrungen der Pflanze zum eigenen Schutze der Wunden nachhilft durch Anstrich mit Steinkohlenteer (Holzteer wirkt leicht schädlich) und anderen desinfizierenden bzw. luftundurchlässigen Mitteln, ist allgemein bekannt. Für die Kautschukpflanze *Hevea* empfiehlt Keuchenius[1]) Schweineschmalz mit Wachs. Über die Wirkungen von Steinkohlenteer und „Kambisan", einem Teerpräparat, auf dieselbe Pflanze berichtet Gandrup[2]). Letzteres wirkte günstiger.

Garcke, Müller u. a.[3]) empfehlen in erster Linie Lehmbrei zum Bestreichen großer Wunden, dann auch Teeranstrich. Bier[4]) will den dünnflüssigen Holzteer dem Steinkohlenteer vorziehen.

Wundgummi.

Diese Krankheit des Weinstockes ist von Prillieux als „Gommose bacillaire" beschrieben und von Viala als „Roncet" angesprochen worden. Die Blätter bleiben zwar grün, aber sind unregelmäßig tief eingeschnitten und verunstaltet. Das Holz zeigt im Querschnitt schwarze Punkte und Flecke, die sich vergrößern und seine Konsistenz lockern. Später lösen sich die Bastlagen vom Holze. An den Schnittflächen, von denen die Krankheit ausgeht, entstehen Risse, die von Saprophyten besiedelt werden, und nach 3—5 Jahren sah Prillieux den Tod des Stockes eintreten.

Die schwarzen Punkte im Holze rühren von einer gummosen Veränderung her, indem die Gefäße und die Zellen des Holzparenchyms mit braunem Gummi, das von Bakterien (bewegliche Stäbchen) wimmelt, erfüllt sind. Die im Mai im Laboratorium vorgenommene Impfung ließ Prillieux die charakteristischen Merkmale der Krankheit wieder erkennen, welche mit denen des „Malnero"[5]) von Baccarimi große Ähnlichkeit haben.

Viala und Foëx sowie Mangin sprachen sich im Gegensatz zu Prillieux dahin aus, daß die geschilderten Krankheitserscheinungen durch die verschiedensten Ursachen veranlaßt werden können und auch an gesunden Stöcken nicht fehlen.

Die Meinungsdifferenz wurde durch die Arbeit von Rathay[6]) entschieden, der zunächst nachwies, daß Gummi in ganz gesunden Reben

---

[1]) Keuchenius, P. E., Over wondheling bij Hevea Tijdschr. Teijsmania 1914, Nr. 10.

[2]) Gandrup, Joh., Over den invloed van teer op Heveaschors. Meded. Besoekisch Proefstat. Arch. voor de Rubbercult V (1921).

[3]) Garcke, Müller u. a., Sollen wir große Baumwunden mit Holz- oder Steinkohlenteer bestreichen? Erfurter Führer im Obst- u. Gartenbau XX (1919), S. 268f.

[4]) Bier, Verdient Holz- oder Steinkohlenteer zum Bestreichen großer Baumwunden den Vorzug? Ebendort, S. 226.

[5]) Unter dem gleichen Namen „Mal nero" oder „Nerume" wird neuerdings (Rivista agraria, Neapel XXVI, Nr. 2, [1921]) eine Krankheit der Walnuß von A. Trotter aus Campanien beschrieben. Nach Schwärzung der unmittelbar unter der Rinde gelegenen Gewebe im unteren Stammteile und in den Hauptwurzeln kränkelten und starben zahlreiche Bäume. Als Ursache wird der steinige und unfruchtbare Untergrund angesehen, über dem sich eine feuchte Bodenkrume befindet, die der Vegetation von Pilzen günstig ist. Die Pilze ergreifen die kümmernden und schlecht ernährten Wurzeln (Ref. O. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII 222 [1922]).

[6]) Rathay, E., Über das Auftreten von Gummi in der Rebe und über die „Gommose bacillaire". — Kremla, H., Über Verschiedenheiten im Aschen-, Kalk- und Magnesiagehalt von Splint-, Wund- und Wundkernholz der Rebe. Jahresber. d. k. k. önolog. u. pomolog. Lehranstalt in Klosterneuburg. Wien 1896.

vorkommt. Bei gesunden einjährigen Trieben von *Vitis riparia* sah Rathay aus den Gefäßen gallertartige Fäden hervortreten, die aus Gummi bestanden. Die mit Gummi angefüllten Röhren („Gummigefäße“) sind in Abb. 232, *1* zu sehen. Dasselbe gab die Farbenreaktionen der Pentosen. Bei *Vitis vinifera, labrusca, Solonis, Arizonica* u. a. konnte die Reaktion erst im zwei- und mehrjährigen Holze aufgefunden werden. Wo dieser Vorgang schon in jungen Reben auftrat, konnte er nicht vor Juli beobachtet werden. Das Gummi wird durch Druck hervorgepreßt. In den Wurzeln ist der Vorgang spärlicher.

An zwanzigjährigen Stöcken erkennt man, wie Rathay berichtet, daß auch beim Wein eine normale Kernholzbildung sich endlich einstellt; nur erfolgt dieselbe unregelmäßig, indem einzelne Stellen des inneren Splintholzes in die Veränderung eintreten und dadurch die braunen Flecke erzeugen, die Prillieux als Zeichen der Gommose bacillaire beschrieben hat. Prüft man nämlich eine solche fadenartig im Splintholz abwärts sich ziehende braune Stelle (Abb. 232, *3*), so sieht man die weiten Gefäße erfüllt mit einer braunen Gummimasse und in derselben kristallinische Niederschläge von kohlensaurem Kalk (*k*); die Inhalte der um das Gefäß gelagerten Holzparenchym- und Markstrahlzellen sind tief braun, und die benachbarten engeren Gefäße (*t*) sind mit Thyllen ausgefüllt. Stärke war nur im Splint; an deren Stelle waren im Kernholz braune Körner, welche mit Eisenchlorid blauschwarz wurden. Gefäßverstopfungen fanden sich nicht im Splint, sondern nur im Kernholz; sie wurden verursacht zunächst durch Thyllen, die im inneren Kernholz sogar ausschließlich auftraten, während in dem äußeren Kernholzringe die Verstopfung durch Gummi und Kalk vorherrschte. Manchmal erwiesen sich ganze Reihen von Gefäßen des Herbstholzes mit (meistens kohlensaurem, bisweilen oxalsaurem) Kalk erfüllt (Abb. 232, *4*). Der in den jüngsten Teilen des Kernholzes abgelagerte kohlensaure Kalk wird später wieder aufgelöst. Ebenso verschwindet der große Gummireichtum des Splintes bei dessen Übergang zu Kernholz.

An einer Querwunde stirbt das der Wundfläche anstoßende Gewebe mehr oder weniger tief ab. In dem darauffolgenden lebendigen Gewebe erfolgt zunächst die Gefäßverstopfung durch Gummi, weiter abwärts durch Thyllenbildung. Daß es die Holzparenchymzellen sind, welche das Gummi ausscheiden, geht daraus hervor, daß die Gefäße nur an den an diese Zellen anstoßenden Teilen Gummitröpfchen und Gummibeläge haben, während dort, wo sie an Nachbargefäße anstoßen, das Gummi fehlt. An den Wundflächen beginnen die Veränderungen, welche das Kernholz charakterisieren, viel früher als im normalen unverletzten Stamme, gehen aber nur so weit abwärts, als eben der Wundreiz wirksam war, und ist deshalb als „Wundkernholz“, das von anderen Beobachtern als „Falscher Kern“ angesprochen wird, vom eigentlichen Kernholz zu unterscheiden. An den von der Wundfläche ausgehenden Einzelherden der Kernholzbildung, die als braune Gewebestreifen sich im Splint abwärts ziehen, findet man in der Nähe der Schnittfläche viele Bakterien, aber nicht in den tieferen Regionen. Das Krankheitsbild stimmt also mit der Gommose bacillaire, und diese ist deshalb nur als eine unmittelbare Folge der Verwundung älterer Stammteile aufzufassen. Dieser Wundreiz dürfte vorzugsweise auf das Protoplasma der die Gefäße umgebenden Holzparenchymzellen wirken, sich wegen der Kontinuität des Protoplasmas benachbarter Zellen mithin fortpflanzen und die Holzparenchymzellen zu

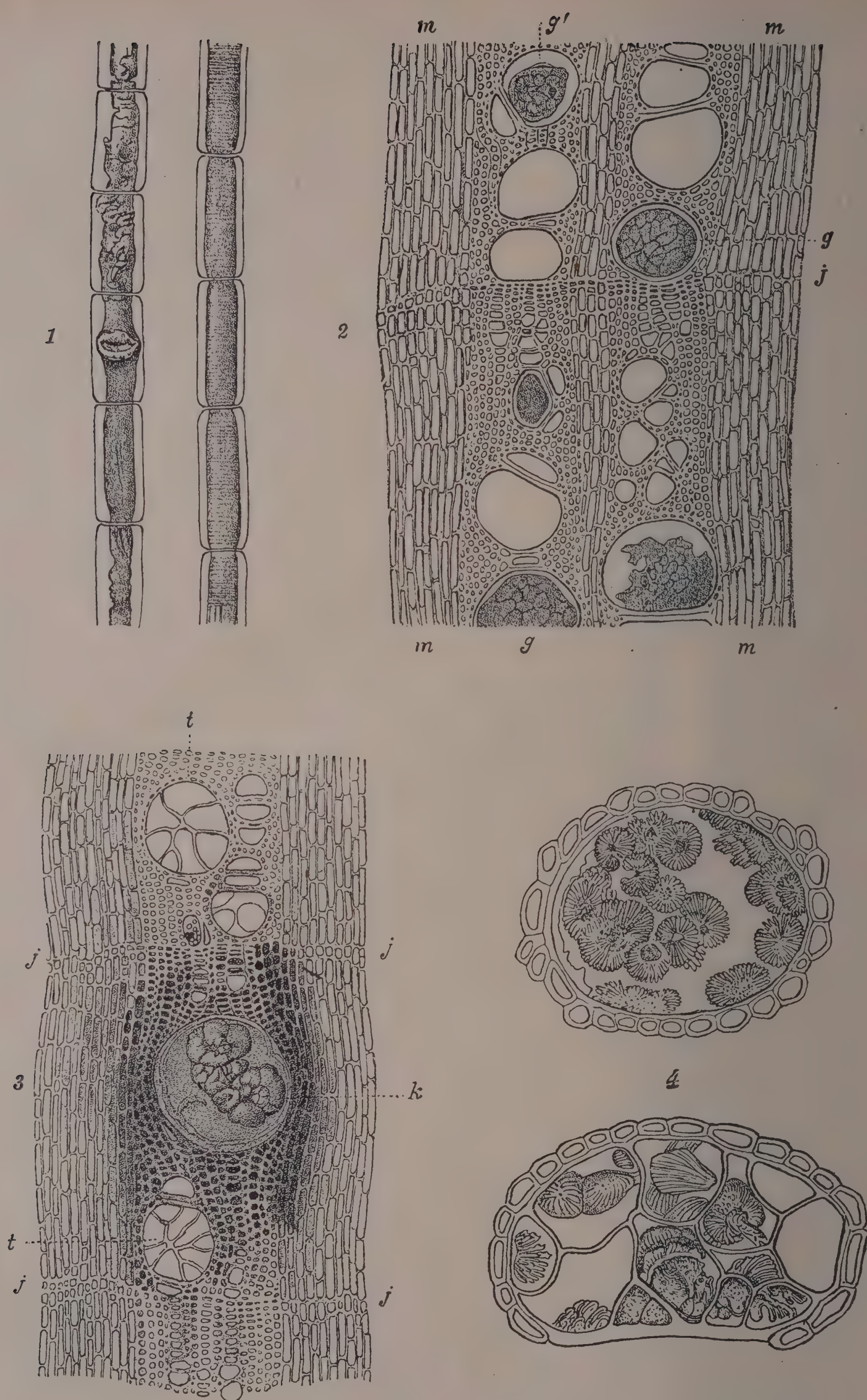


Abb. 232. Gefäßverstopfungen bei einem an Wundfäule leidenden Weinstock. (Nach Rathay.)

einer verfrühten Thyllenbildung anregen; diese Zellen altern und sterben deshalb vorzeitig ab. Mit der Thyllenbildung hört die anfänglich sehr reichliche normale Gummisekretion auf. Der beschriebene Vorgang wird bei Vergleichung der beistehenden Abbildungen übersichtlicher.

In Abb. 232, *2* (Alkoholpräparat aus einem zehnjährigen Aste von *Vitis riparia*) zeigt *j* die Grenze zweier Jahresringe; *m*, *m* Markstrahlen, *g* Gummigefäße, *g'* ein ebensolches mit stark kontrahiertem Gummiinhalt. Rechts (Abb. *1*) sind zwei Gummigefäße aus einem einjährigen Triebe von *Vitis vinifera* (blauer Trollinger) dargestellt; sie zeigen in der Mitte den kontrahierten Gummiinhalt. Von den Gefäßwandungen ist nur die innere Kontur gezeichnet. Abb. *3* ist der Querschnitt eines braunen Holzfadens aus dem Splinte eines sehr alten Rebstammes. *j.j.j.j* Grenzen der Jahresringe, *k* ein radialfaseriges, kristallinisches Aggregat von kohlensaurem Kalk, eingebettet in der braunen Gummimasse eines weiten Gefäßes; der Inhalt des angrenzenden Holzparenchyms, der Libriformfasern und Markstrahlzellen ist tief gebräunt, und die nächst gelegenen Gefäße *t t* sind mit Thyllen erfüllt.

Abb. 232, *4* ist ein Gefäß mit zugehörigen Holzparenchymzellen aus dem unter der Entgipfelungswunde eines einjährigen Triebes befindlichen abgestorbenen Holzteil im Querschnitt. Es enthält neben farblosem Gummi radialstengelige Aggregate von oxalsaurem Kalk. Die untere Abbildung ist ein Gefäß mit umgebendem Holzparenchym aus dem Kernholz eines sehr alten Rebstammes. Das Gefäß ist mit Thyllen angefüllt und enthält in diesen kristallinische Aggregate von kohlensaurem Kalk (nach Rathay).

Wir haben diesen Fall hier vorgeführt, weil er als Typus für viele andere Fälle die Gummibildung als Folge des Wundreizes veranschaulicht und gleichzeitig zeigt, wie leicht Krankheiten als absolut parasitär hingestellt werden, bei denen es sich nur um die nachträgliche Ansiedlung von Wundbewohnern handelt.

Dies bezieht sich ganz besonders auf krautartige, fleischige und saftige Organe, und in dieser Beziehung ist eine Arbeit von Spieckermann[1]) hervorzuheben, der besonders darauf hinweist, wie bakterienfest eine verkorkte Membran ist, wie notwendig ein bestimmter hoher Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft und auch der Wassergehalt des Gewebes selbst, abgesehen von dessen spezifischer Empfänglichkeit, sich erweist, damit selbst von einer Wundfläche aus eine bakterielle Zersetzung sich einleiten kann.

Die Wundgummibildung im Weinstock ist neuerdings noch ausführlich von L. Petri[2]) untersucht und beschrieben worden; er kommt zu ähnlichen Resultaten wie Rathay und gibt eine ausführliche Darstellung der anatomischen und chemischen Verhältnisse, die sich je nach dem Alter des Weinstockes und nach der Jahreszeit modifizieren. Myzelfäden (von zwei *Cephalosporium*-Arten, *Acremomium*), die namentlich von *Vitis rupestris* die Holzgefäße stark verändert hatten, und Bakterien (*Ascobacterium*) fand auch er nur halb saprophytisch.

---

[1]) Spieckermann, A., Beitrag zur bakteriellen Wundfäulnis der Kulturpflanzen. Landwirtsch. Jahrbücher 1902, S. 155.

[2]) Petri, L., Osservazioni sopra le alterazioni del legno delle vite in sequito a ferite. Le Staz speriment agr. Ital. XLV (1912). S. 501—547 mit 1 Tafel.

Schleimflüsse der Bäume.

Im Anschluß an das bei der „Gommose bacillaire“ erwähnte Verhältnis der parasitären Besiedlung von Wundflächen erwähnen wir die Erscheinung, daß sehr häufig bei einzelnen Exemplaren der verschiedensten Bäume eine auch im Sommer oft feucht bleibende abweichend gefärbte, meist schleimig bis gallertartig, bisweilen lehmartig aussehende Rinne bemerkbar ist.

Unserer Auffassung nach handelt es sich um ein abnormes Bluten der Stämme aus Wunden, die sich nicht schließen können. Molisch[1]) hat nachgewiesen, daß bei jeder Wunde, die zu überwallen beginnt, sich ein lokaler Blutungsdruck geltend macht. Infolge der Verwundung werden das Kambium sowie die parenchymatischen Elemente des Holzes und der Rinde zu erhöhter Tätigkeit und Zellteilung angeregt. Damit verbunden ist eine solche Turgorsteigerung, daß aus der Wunde oft unter ganz enormem Druck (bisweilen bis zu 9 Atmosphären) Wasser ausgepreßt wird.

Wenn man die Analysen des Saftes, der bei dem Tränen des Weinstocks ausfließt[2]), zugrunde legt, so darf man in den Blutungssäften außer geringen Mengen organischer Substanz auch Stickstoff, Phosphorsäure und Kali als vorhanden ansehen, also eine Nährlösung voraussetzen, die zur Ansiedlung und Vermehrung von Mikroorganismen sehr gut geeignet ist. Diesen hat nun Ludwig[3]) ein eingehendes Studium gewidmet. In einer Reihe von Veröffentlichungen beschreibt er einen Weißen Schleimfluß bei Eichen, Birken, Salizineen u. a. durch *Leuconostoc Lagerheimii*, dem sich verschiedene Alkohol erzeugende Pilze hinzugesellen (*Saccharomyces Ludwigii* usw.). Ein bei Äpfeln, Birken, Pappeln, Roßkastanien und anderen Obst- und Chausseebäumen auftretender „Brauner Schleimfluß“ zeigt *Micrococcus dendroporthos*, dem sich *Torula monilioides* zugesellt. Einen „Roten Schleim“ fand Ludwig im Spätsommer auf den Stümpfen alter, gesunder Buchen und beobachtete dabei eine fädige Bakterie (*Leptothrix* ?) und *Fusarium moschatum*. Demselben Fadenpilz begegente er in einem gelblich-weißen Blutungssaft von gallertartig knorpeliger Konsistenz bei der Linde und vereinzelt bei der Birke. An frischen Astwunden von Hainbuchen fand Ludwig gegen Mitte April einen wie Milch aussehenden Schleim, der *Endomyces vernalis* neben Alkohol erzeugender Hefe enthielt.

---

[1]) Molisch, H., Über lokalen Blutungsdruck und seine Ursachen. Bot. Zeit. LX (1902), 1, S. 45—63; vgl. Justs Jahresber. 1902, 2, S. 618.

[2]) Ravizza, F., Über das Tränen der Weinrebe usw. Staz. sperimentali 1888; vgl. Biedermanns Centralbl. f. Agrik. 1888, S. 541. Nach den Untersuchungen von Neubauer und v. Canstein (Annalen der Önologie, IV (1874), Heft 4, S. 499ff.) enthielt der im frischen Zustande wasserhelle, neutrale, aber leicht durch Bakterienvegetation sich trübende und dann alkalisch reagierende Rebensaft (gesammelt im trockenen Jahre 1874) pro Liter 2,1204 g fester Substanz; davon waren 0,7408 g Mineralbestandteile und 1,3796 g organische Substanz, Eine Aschenanalyse ergab an Kali 10,494%, Schwefelsäure 1,437%, Eisenoxyd 0,188%, Phosphorsäure 2,822%, Kalk 41,293%, Magnesia 5,534%, Kohlensäure 34,797%, Chlor 2,857%, Kieselsäure 0,810% der Rohasche. Außerdem fanden sich ein organisches Magnesiasalz, Gummi, Zucker, weinsteinsaurer Kalk, Inosit, Bernsteinsäure, Oxalsäure und unbekannte Extraktivstoffe vor. Rotondi und Ghizzoni (Biedermanns Centralbl. 1879, S. 527) geben neben Stärke auch Zucker an, den die Neubauerschen Untersuchungen im frischen Saft nicht aufgefunden haben. Erst der eingedunstete Saft, welcher unter Abgabe von Kohlensäure und Ausscheidung von phosphorsaurem Kalk unter Gelbfärbung eine schwachsaure Reaktion annahm, zeigte alle Zuckerreaktionen.

[3]) Ludwig, F., Der Milch- und Rotfluß der Bäume und ihre Urheber. — Über das Vorkommen des Moschuspilzes im Saftfluß der Bäume; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1892, S. 159, 160.

Von tierischen Begleitern derartiger Ansiedlungen, von Bakterien und Pilzen finden wir in einer späteren Arbeit Ludwigs[1]) Milben (*Hericia*) und Älchen (*Rhabditis*) erwähnt. Eine Liste sämtlicher Bewohner der Schleimflüsse, die nicht nur bei uns, sondern auch in den Tropen nachgewiesen worden sind, finden wir in der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten IX (1899) S. 13. Es ist selbstverständlich, daß diese Liste später noch vielfach ergänzt worden ist, hier ist jedoch nicht der Ort, näher darauf einzugehen.

Graebner beobachtete sehr starke Blutungen an *Tilia euchlora* an der von der Orangerie nach Belvedere bei Potsdam führenden Allee infolge von Aufplatzen des Rindenkörpers, namentlich unter der Krone, welches augenscheinlich durch zu starke Düngung der Bäume, die schnell gefördert werden sollten, erfolgt war. Der zuckerhaltige Saft gor sehr stark und lockte zahlreiche Insekten, besonders Bienen an, die vom Alkohol bald betäubt waren.

Blankinship[2]) beschreibt eine in Montana (N. A.) häufig an *Populus angustifolia*, *P. balsamifera*, *P. deltoides* u. a. auftretende Blutungskrankheit. Die Bäume zeigten ein übermäßiges Bluten aus Wunden, begleitet von einem Verbleichen bzw. Vergilben des Laubes. Zuweilen bilden sich die Wunden an einzelnen Ästen zu Höhlungen aus, die mit einer gummösen, halbflüssigen Masse ausgefüllt sind. Der ausfließende, mit Bakterien beladene Saft hat einen süßlichen Geschmack und wird häufig von großen braunen Ameisen aufgesucht.

In Verbindung mit dieser Blutungskrankheit steht eine „Gelbsucht" der Pappeln, bei der Bluten eintreten kann, aber auch häufiger ausbleibt. Das Laub des ganzen Baumes wird hierbei gebleicht und trocknet in den Interkostalfeldern aus; nach 3—5 Jahren erfolgt der Tod. Die erkrankenden Bäume stehen gewöhnlich an tiefen Stellen, und der Autor ist der Ansicht, daß die Steigerung des Alkaligehaltes im Grundwasser die Schuld trage. Man findet das Übel in Montana nicht bloß an Pappeln, sondern auch an anderen Bäumen dort, wo Berieselung angewendet wird; Luftabschluß dürfte wohl mindestens mitspielen.

Die genannten Organismen dürften nur insofern für die Bäume als Schädiger anzusprechen sein, als sie durch ihre Ansiedlung den Wundschluß verzögern oder verhindern. Die erste Veranlassung der Schleimflüsse sind eben Wunden, die durch Frost, Blitzschlag, Tiere usw. veranlaßt worden sind und periodische Blutungen einleiten. Sollte es sich wirtschaftlich notwendig erweisen, diese Schwächungsursachen zu heben, so könnte nur ein sorgfältiges Ausschneiden der kranken Stellen und Verschluß der frischen Wundränder durch Anstrich mit Steinkohlenteer zu empfehlen sein.

Zehntes Kapitel.

Wunden an jährigen (heurigen) Organen.

Wundreiz an jungen Organen.

In den vorigen Abschnitten des Wundschutzes ist bereits auf die Reaktionen aufmerksam gemacht worden, die sich bei Verletzungen des Holzkörpers in den noch bildungsfähigen Zellgruppen bemerkbar machen.

[1]) Ludwig, F., Über die Milben der Baumflüsse und das Vorkommen des *Hericia Robini* Canestrini in Deutschland. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1906, S. 137.

[2]) Blankinship, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VIII (1908), Heft 1.

Bei noch wachstumsfähigen unverholzten, besonders fleischigen Pflanzenteilen und jüngeren Blättern treten die Folgen der Verwundungen deutlicher hervor; wir wollen deshalb hier einleitend auf die Zustände aufmerksam machen, die wir als Wundreiz bezeichnen. Die erste Folge des Reizes, den jede Wunde auf den Organismus ausüben wird, dürfte in einer traumatropen Umlagerung des Protoplasmas in dem der Wundfläche zunächst liegenden Gewebe bestehen. Nach den Untersuchungen von Nestler[1]) sammelt sich in den unverletzten Zellen das Protoplasma an der Wundseite an, und etwas später wandert auch der Zellkern dahin. Diese Reizwirkung schreitet nach rückwärts einige Zellreihen in das gesunde Gewebe hinein fort und erreicht ungefähr nach 48 Stunden ihr Maximum, worauf allmählich wieder die Rückkehr in die normale Lage mehr oder weniger vollkommen sich einleitet: Die Umlagerung scheint im Licht schneller als im Dunkeln stattzufinden.

Ebenso erleidet der Chlorophyllapparat oftmals eine wesentliche Umlagerung[2]). Gleichzeitig ist in vielen Fällen eine Steigerung der Atmungstätigkeit bemerkbar; namentlich bei fleischigen Pflanzenteilen konnte auch eine Temperaturerhöhung nachgewiesen werden, die man als Fieberreaktion bezeichnet hat[3]). Bei verletzten Blättern soll die Kohlensäureproduktion besonders gesteigert werden, wenn dieselben arm an Kohlehydraten sind[4]). Je nach dem Grade der Verletzung treten die Reaktionen früher oder später ein. Nach Townsend[5]) zeigt sich die Wachstumsbeschleunigung bei geringen Verletzungen bereits nach 6—24 Stunden; dagegen führen schwere Verletzungen zunächst eine Hemmung herbei, bevor die Beschleunigung eintritt, die je nach der Pflanze in 12—96 Stunden ihr Maximum erreicht, um dann allmählich auf den normalen Zustand zurückzugehen. Krassnosselsky[6]) führt die Steigerung der Atmung auf eine Vermehrung der Atmungsenzyme zurück. Er geht von den Versuchen Kovchoffs aus, welche ergeben, daß nach einer Verletzung eine Zunahme der Gesamtmenge der Eiweißstoffe und namentlich der Nukleoproteide stattfindet, und weist dann (bei verletzten Zwiebeln) nach, daß der Saft derselben mehr Oxydasen als der von nicht verwundeten Exemplaren besitzt[7]). Ähnlich verhalten sich Kartoffeln. Schneider-Orelli[8]) fand sowohl an Äpfeln und Birnen wie auch an Kartoffelknollen, daß die traumatische Atmungssteigerung länger andauert als das Vermögen, ein Wundperiderm zu bilden. Bei den unten nach Appel geschilderten Korkeinlagen bei Kartoffeln fand Schneider, daß dazu eine gewisse Höhe der Temperatur gehört; bei 0° findet die Korkeinlagerung nicht mehr statt.

---

[1]) Nestler, A., Über die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkerns und des Protoplasmas. S. Akad. Wien CVII, I, 1898.

[2]) Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. (1904), II, S. 819. Siehe auch hier die Literatur über die Wirkung des Wundreizes.

[3]) Richards, Herbert Maule, The evolution of heat by wounded plants. Annals of Bot. XI; vgl. Bot. Jahresber. 1897, S. 99.

[4]) Doroféjew, N., Zur Kenntnis der Atmung verletzter Blätter. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XX (1902), S. 396.

[5]) Townsend, C. O., The correlation of growth under the influence of injuries; vgl. Bot. Jahresber. 1897, 1., S. 98.

[6]) Krassnosselsky, Bildung der Atmungsenzyme in verletzten Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XXIII (1905), S. 143.

[7]) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1903, S. 165.

[8]) Schneider-Orelli, P., Versuche über Wundreiz und Wundverschluß an Pflanzenorganen. Centralbl. f. Bakt. usw. II (1911), S. 420—429.

Molisch[1]) beobachtete an einer ganzen Reihe von Pflanzenarten, die die Eigentümlichkeit haben, die Blattstiele alter Blätter abwärts zu krümmen, wie z. B. auch bei unserem heimischen *Geranium Robertianum*, daß er diese Bewegung schon in jüngerem Stadium dadurch hervorrufen konnte, daß er die Blattspreite abschnitt. Dadurch tritt Traumanastie ein. Der Reiz durch den Schnitt bewirkt, daß die Oberseite des Stieles allmählich fortschreitend ein stärkeres Wachstum zeigt; das kann bis zur kreisförmigen Krümmung führen. Schoevers[2]) beobachtete, daß durch Schneiden und Entspitzen das Wachstum von Tomaten behindert wird und die nichtparasitäre Blattrollkrankheit hervorgerufen wird, weil dadurch der Transport der Reservestoffe aus den Blättern zu den Früchten erschwert wird. (Vgl. S. 534 und Kapitel 16.)

In die noch dunkle Frage des Ursprunges dieser Reizwirkungen Licht zu bringen, scheint die wohl letzte Arbeit Stahls[3]) geeignet. Er fand, daß der Reiz, den er durch Verwundung, Verbrennung usw. auf die abgeschnittene und sofort wieder aufgesetzte Spitze von Coleoptilen der Gräser ausübte, den unter der Schnittfläche befindlichen Teil mit zur Reizkrümmung veranlaßte, selbst wenn die Spitze von anderen Exemplaren, ja von anderen Arten stammt. Das beweist, daß es nicht Saftströmungen sein können, die die Reizkrümmungen auslösen.

Regeneration, Restitution, also nach Küster[4]) Ersatz durch ein völlig gleiches Organ für ein verlorengegangenes ist im Pflanzenreiche ziemlich selten (vgl. darüber ausführlich auch die Literatur bei Küster a. a. O.). Über die des Sproßscheitels vgl. Peters[5]), Linsbauer[6]).

Hagelwunden.

Alle Hagelschäden stellen Wunden mit Substanzverlust dar; eine chemische Einwirkung infolge der Kälte des Hagelkorns ist nicht nachweisbar, sondern nur eben der mechanische Schlag, der entweder einzelne Partien des Gewebes quetscht und durch Vertrocknung zugrunde gehen läßt, oder der Blätter und Achsen zerfetzt, indem er mehr oder weniger große Partien abschlägt.

Um einen Einblick in die verschiedenen Wirkungen des Hagelschlages zu erlangen, sei Abb. 233 ein kleines Stück eines Roggenhalmes vorgeführt, der an den Stellen *g*, *z* und *v* vom Hagel getroffen worden ist. Bei Betrachtung eines solchen Halmes nach einem Hagelschauer, der nicht so stark gewesen, daß Blätter oder Ähren abgeschlagen oder gar die ganzen Halme geknickt worden wären, bemerken wir bekanntlich weißliche oder weiße Flecke auf der grünstreifigen Oberfläche. Die Streifung entsteht durch abwechselnde Lagerung von dunkelgrünen Furchen und helleren Linien. Im Querschnitt erkennt man, daß diese Furchen aus einem weichen, Chlorophyll führenden Rindenparenchym bestehen, während die helleren

---

[1]) Molisch, H., Über Blattkrümmungen infolge Verwundung. Anz. d. Sitzber. Math.-nat. Klin. Wiener Akad. Wiss. 26. Okt. 1916, S. 300—301.

[2]) Schoevers, T. A. C., Het Krullen van Tomatenbladern. Tijdschr. over Plantenziekten XXV (1919), Beibl. S. 11f.

[3]) Stahl, Ber. Deutsche Bot. Ges. 1919.

[4]) Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie 1903, S. 8ff.

[5]) Peters, Beitr. z. Kenntnis der Wundheilung bei *Helianthus annuus* L. und *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc. Diss. Göttingen 1897.

[6]) Linsbauer, K., Studien über die Regeneration des Sproßscheitels. Anzeigen d. kaiserl. Akad. d. Wiss. Wien. math.-naturw. Kl. LII (1915), Nr. 20, S. 265—267.

Streifen aus dickwandigen, faserartigen Zellen (p) zusammengesetzt sind. Diese Faserstränge geben dem Halme seine Festigkeit; je dickwandiger dieselben, desto widerstandsfähiger und weniger zum Lagern geneigt zeigt sich der Halm. In vorliegender Zeichnung (Abb. 233) erweisen sich die grünen Partien am meisten verändert. Während bei g die Zellen unversehrt erscheinen, zeigen sich bei z nur noch gerüstartig untereinander verbundene, trockene Zellhäute, die weiter nach der inneren Halmwandung zu in noch grünes, lebendes Gewebe u übergehen. Hier hat also der Schlag des Hagelkorns in der Weise gewirkt, daß die Oberhaut des Halmes e gar nicht zerstört worden ist, wohl aber hat das weichere, darunter liegende Rindenparenchym derartige Quetschungen davongetragen, daß ein Teil der Zellen allmählich abgestorben ist. Das dahinterliegende, chlorophyllhaltige Gewebe zeigt aber, daß der Schlag hier an dieser Stelle nicht so heftig war wie bei v. Dort verblieben nur noch wenige Reste von Zellwandungen des ehemaligen

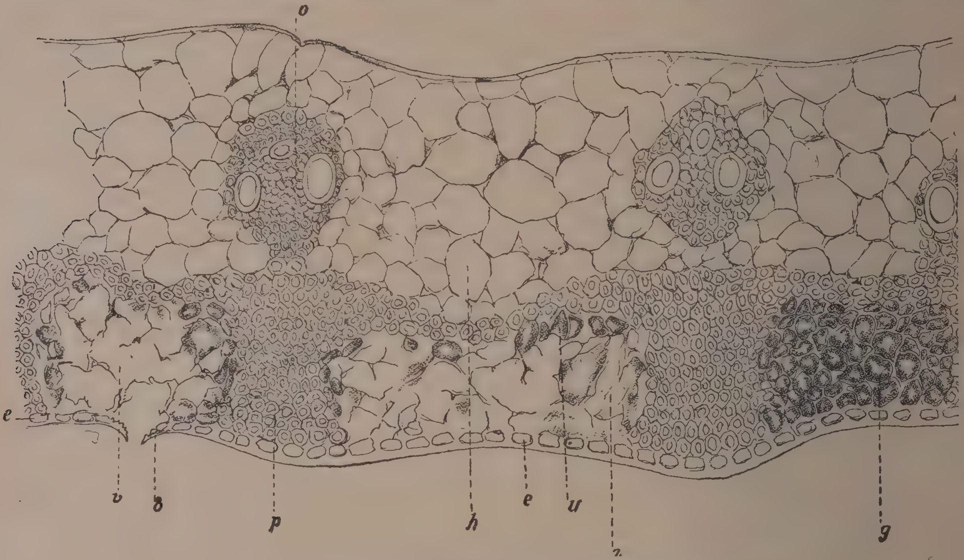


Abb. 233. Hagelschlag am Roggenhalm.
g gesundes, grünes Gewebe, z von einem Hagelkorn verletztes, u anstoßendes gesundes Parenchym, v völlig zerstörte Halmrinde mit gesprengter Oberhaut o; h Halmparenchym, b Gefäßbündel, p Stränge bastfaserähnlicher Zellen. (Orig. Sorauer.)

saftigen Rindengewebes, und an dieser Stelle hat das Hagelkorn solche Gewalt gehabt, daß es die derbwandige zähe Oberhaut bei o entzweigeschlagen hat. Durch die dadurch entstandene Öffnung ist die Luft in die Wunde getreten, und infolgedessen erscheint eine solcher Hagelfleck für das bloße Auge weiß, während bei u immer noch ein grünlicher Farbenton bemerkbar sein wird.

In ähnlicher Weise wird sich der Gewebeverlust bei anderen parenchymatischen Pflanzenteilen gestalten, und je nach der Größe dieses Verlustes wird die assimilatorische Tätigkeit sinken. Indes dürfte dieses Herabdrücken der Lebenstätigkeit nur dann von hervorragendem Einfluß werden, wenn das Hagelwetter zu einer Zeit sich einstellt, in welcher die Bildung des vegetativen Apparates bereits beendet worden und die Pflanze in die Reproduktionsepoche eintritt, in welcher sie die plastischen Stoffe aus den Blättern herauszieht.

Den Einfluß des Hagels auf die Getreideähren schildert C. Kraus[1]) nach Beobachtungen, die er hauptsächlich bei Gerste angestellt hat. Er fand viele Ähren stark abwärts gekrümmt und gedreht, weil es den wenigsten Ähren gelungen war, ihre Grannenspitzen aus der obersten, vom Hagel getroffenen Blattscheide loszumachen. Die direkt getroffenen Ähren blieben in ihrer gesamten Ausbildung zurück. Die Körner erwiesen sich leichter, ungleichmäßiger und vielfach schwarzspitzig. Das Ährengewicht blieb um 38 %, das Körnergewicht um 43 % zurück. Ähnliches fand Kraus bei zwei unbegrannten Weizensorten, bei denen sich aber wegen des Fehlens der Grannen die Ähren leichter aus der obersten Blattscheide hatten herausarbeiten können. Demgemäß war das Ährengewicht der verhagelten Weizenhalme nur um 24 bzw. 15 %, das Körnergewicht um 27 bzw. 17 % geringer als das der nicht vom Hagel getroffenen Pflanzen.

Wenn zeitig im Jahre, also etwa im Mai, Hagelschlag eintritt, bemerkt man später nicht selten zwischen den von Hagelflecken bedeckten reifenden, aufrechten viele kürzere, grüne, an der Basis geknickte Halme. Hier hat wahrscheinlich das Hagelkorn die Pflanze geknickt, und der Halm hat zum Emporrichten mehr Zeit gebraucht, was die Reife verzögerte.

Der Weizen scheint am robustesten zu sein. Sorauer beobachtete nach einem Hagelwetter im Juni 1905, daß die Roggenhalme die in Abb. 233 dargestellten Beschädigungen aufwiesen, während in den entsprechenden Zellgruppen bei Weizen das innere Gewebe nur durch einen Riß zerklüftet oder unbeschädigt war. Die Epidermis war nicht zerrissen, sondern nur in Wandung und Inhalt gebräunt. Weigert[2]) fand dasselbe, den Weizen widerstandsfähiger als den Roggen und diesen wieder mehr als Gerste. Hafer ist sehr widerstandsfähig, ehe die Rispe erscheint, dann wieder empfindlich.

Intumeszenzbildung infolge von Wunden an Knoten des Haferstengels vgl. S. 469, Abb. 125.



Abb. 234. Weizenähre durch Hagelschlag geknickt. Knickstelle kahl. (Orig. Sorauer.)

[1]) Kraus, C., Wirkung von Hagelschlägen. Deutsche Landwirtschaftl. Presse 1899, Nr. 14/15.

[2]) Weigert, S., Hagelschäden an unseren Kulturpflanzen. Landw. Jahrb. f. Bayern III (1913), Nr. 2. — Dort auch Angaben über andere Kulturpflanzen wie Mais, Ölfrüchte, Erbsen, Buschbohnen, Kartoffeln, Rüben, Hopfen, Tabak usw. — Vgl. auch Schander, R., Über Hagelbeschädigungen an Roggen, Weizen, Gerste und Hafer. Fühlings Landw. Zeitg. LXIII (1914), Heft 21, 22 (bes. Streifenkrankheit und Weißhalmigkeit als Folge). — Über *Linum* vgl. Schilling, E., Zur Kenntnis des Hagelschlagflachses. Faserforschung I (1921), S. 102—120, 2 Taf., 10 Abb.

Sehr auffällig ist die Knickung der Ähren, von der die beistehende Abb. 234 nur eine milde Form darstellt, bei der die Spindel einen stumpfen Winkel macht (*h*). Bei den stärkst beschädigten Ähren war die Spindel zwei- bis dreimal derartig geknickt und an den Knickstellen fast gänzlich kahl.

Abb. 235 gibt ein Bild von der Beschaffenheit der Spindel an der Knickstelle. Es bezeichnet *g* die Gefäße, *z* das zerrissene Parenchym, *v* die Stelle, an der ein Gefäßbündel zum Absterben gebracht worden ist. Seitlich davon, bei *br*, erschien das gesamte Gewebe tief gebräunt. An anderen Ähren fand man an der Schlagstelle die Epidermis aufgerissen, das angrenzende Gewebe zusammengefallen, verzerrt und gebräunt. Einzelne Gefäßbündel erwiesen sich fast gänzlich isoliert, indem das gerissene oder gezerrte Parenchym abgeplatzt war. Es dürfte dies eine Folge der Spannung sein, da die noch grüne Ähre später weiter wächst. Je nachdem das Hagelkorn aufschlägt, variieren die Beschädigungen sehr mannigfach. Stellenweise konnte auch das von C. Kraus gemeldete Vorkommnis beobachtet

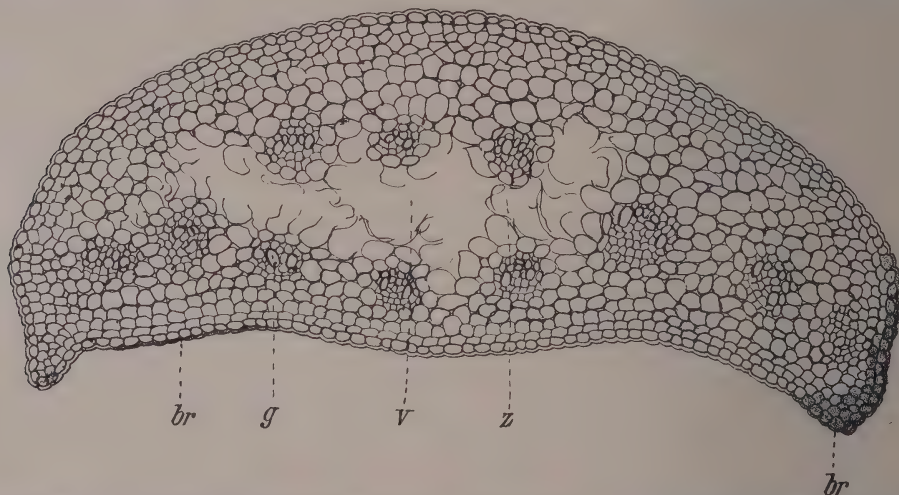


Abb. 235. Querschnitt durch die Spindel der Weizenähre an der Hagelschlagstelle (*h*) der vorigen Abbildung. (Orig. Sorauer.)

werden, daß nach dem Aufschlagen des Hagelkorns auf Ähren, die noch in der Blattscheide gesteckt hatten, die Grannen sitzen blieben. Dadurch kam die Ähre bogig verkrümmt zum Vorschein. An der Ansatzstelle der Ährchen waren die Beschädigungen meist intensiver als in den Spindelinternodien zu finden.

Schwere Schädigungen kann der Hafer erleiden, wenn die Rispen noch in der oberen Blattscheide zur Zeit des Hagelwetters eingeschlossen sind. Es können gänzlich taube Ährchen entstehen, und die Pflanzen ähneln dann zum Verwechseln den durch Blasenfüße beschädigten. Ährenverkrümmungen durch das Saugen von *Thrips* hat Sorauer bei Gerste in manchen Jahren häufig gefunden. Sehr instruktive Abbildungen liefert Puppel[1]), der auch mehrfach versucht hat, die Wirkungen mechanischer Stöße zu studieren. Er ließ z. B. ein Stück noch nicht geschoßten Winter-

[1]) Puppel, Max, Hagel- und Insektenschäden. 40 Tafeln nach Originalphotographien. Berlin 1904, Paul Parey.

roggens mit einer schweren glatten Walze niederwalzen. Bei dem Ausschoßen der Ähren fand er ein ähnliches Bild wie nach Hagelschlag.

Eine eigenartige Erscheinung zeigte sich bei Weizen, der am 4. Juni verhagelt war. Außer den bekannten Hagelwunden an allen Halmen fanden sich, zerstreut im ganzen Felde, Pflanzen von grünerem Aussehen mit fast körnerlosen Ähren. Was an Körnern vorhanden war, erwies sich im Juli noch grün und milchig. Die Ähren in ihrer Gesamtheit erschienen hell lederbraun durch Bräunung fast aller Spelzen. Zwischen diesen sah man kurze, frisch grüne Spelzenspitzen hervortreten, welche durchwachsenen Ährchen angehörten. Diese enthielten 6—8 Blütenanlagen, von denen keine einzige ausgebildet war und die obersten nur noch Anfänge der Staubbeutel erkennen ließen. Die Spelzen waren lanzettlich, dunkelgrün und krautartig weich, so daß ein deutlicher Übergang zum Laubblattcharakter erkennbar war. In einem anderen Falle waren tatsächlich junge Pflänzchen aus dem Grunde einzelner Ährchen hervorgesproßt.

Etwas Ähnliches beobachtete Behrens[1]) nach einem am 1. Juli eingetretenen Hagelwetter bei Hopfen, bei dem bereits vier Wochen später die Blütenkätzchen vollkommen verlaubt waren. Daß diese Umbildung der Blütenstände wirklich mit der Zerstörung der Blätter durch den Hagel zusammenhängt, geht aus Sorauers Versuchen hervor. Er erzielte nämlich bei fortgesetzt künstlich entlaubten Ranken den sogenannten „brauschen Hopfen“ (s. S. 400), während die nicht ihrer Blätter beraubten Stengel desselben Stockes normale Kätzchen lieferten.

Bei den Kartoffeln ist ein Rückgang im Stärkegehalt der Knollen durch Verhageln des Krautes beobachtet worden[2]). Bedeutenden Schaden kann der Raps durch Verletzung der Schoten erleiden, und es ist selbstverständlich, daß bei allen unseren krautartigen Kulturgewächsen die Zerstörung des Laubkörpers einen Ernteausfall bedingen muß. Ein Fehler wäre es aber, das vom Hagel zerfetzte Laub zu entfernen. Versuche bei Kohlpflanzen zeigten, daß man bessere Köpfe auf derjenigen Ackerparzelle erhielt, bei welcher man das zerschlagene Laub belassen hatte gegenüber einer solchen, auf welcher den Pflanzen die verletzten Blätter fortgenommen waren.

Interessant sind die inneren Beschädigungen, die nach Hagelschlag an saftigen Früchten vorkommen. Abb. 236 stellt den Querschnitt der Fruchtwand einer vom Hagel getroffenen Tomate dar. Wir erblicken links die eigentliche Schlagstelle in Form einer trockenen, harten, dunkelbraunen Auftreibung mit nicht zerstörter Epidermis (*e*). Durch den Schlag des Hagelkorns ist das zartere subepidermale Gewebe tödlich gequetscht worden und infolgedessen gebräunt und vertrocknet (*t*). Infolge des weiteren Schwellungsprozesses der noch nicht ausgereiften Frucht ist das Gewebe zerrissen und zu einer harten Blase umgebildet worden.

Neben dieser äußerlich scharf in die Augen springenden Verletzung aber zeigt sich mitten im saftigen Fruchtfleisch eine zweite harte Stelle im Umkreise eines Gefäßbündels (*g*). Die Härte des Gewebes kommt hier von dem Verkorkungsvorgange, dem die ganze Stelle verfallen ist, nachdem sich zunächst eine reichliche Zellstreckung und -fächerung in der Umgebung des Bündels eingestellt hatte. Diese wird wahrscheinlich

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VI (1896), S. 111.

[2]) Jahresber. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz 1903, S. 94.

dadurch eingeleitet worden sein, daß durch den Hagelschlag oder dessen Nachwirkung eine ringförmige Zone (*z*) in einer bestimmten Entfernung vom Gefäßbündel sich verändert hat. Einzelne Zellen sind unter Verquellung und Verkorkung der Wandungen zusammengefallen; andere haben nur verquollene Wandungen bekommen, und die anstoßenden Zellwände sind ohne sonstige Änderung nur verkorkt. Zu der Zeit, als der Hagel fiel, war die Frucht noch grün und stärkereich, und durch die Gewebeverkorkung ist die Stärke in der irritierten Gewebezone erhalten geblieben, während sie bei der nachträglich fortschreitenden Reife aus dem übrigen Fruchtfleisch verschwunden ist. Deshalb sehen wir einen Ring aus tief gebräuntem, mit Stärke (*st*) angefülltem Gewebe um das Gefäßbündel gezogen.

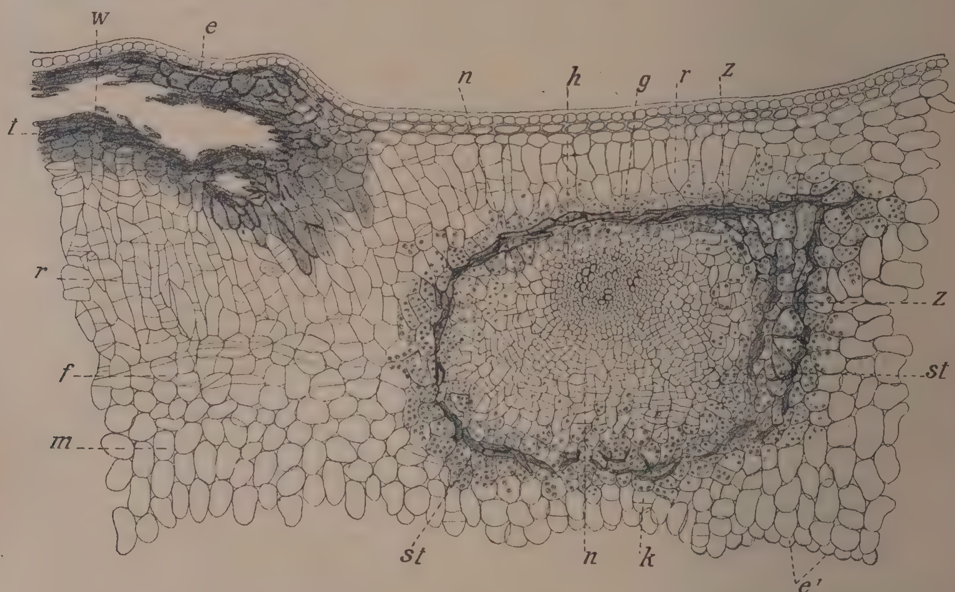


Abb. 236. Querschnitt durch die Fruchtwand einer vom Hagel getroffenen Tomatenfrucht. (Orig. Sorauer.)

c Epidermis der Außenseite der Frucht, *e* Epidermis der Innenseite der Fruchtwand, *w* abgestorbener Wundrand, durch Tafelkork *t* vom lebenden Gewebe abgegrenzt; *r* radial sich streckende, teilweise sich fächernde Zellen, *m* normale Zellen des Fruchtfleisches, *f* beginnende Bildung von Tafelkork, *g* Gefäßbündel, *h* Gefäßbündelscheide, *n* Fächerung der radial zum Gefäßbündel sich überverlängernden Zellen, *k* verkorkte Gewebezone, *st* Stärke, *z* zerknitterte Zellen mit verquollenen, verkorkten Wandungen.

Durch die Abtötung und das teilweise Zusammenfallen dieser Zellen haben die direkt an dem Gefäßbündel liegenden und von diesem noch reichlich mit Wasser versehenen Zellen Raum zur Streckung bekommen. Sie haben sich, von der Gefäßbündelscheibe (*h*) beginnend, in annähernd radialer Richtung überverlängert und durch parallele Querwände (*n*) gefächert. Auch außerhalb der eigentlichen Wundstelle hat das Parenchym der Fruchtwand an der radialen Streckung (*r*) sich beteiligt, und nur das Innenfruchtfleisch (*m*) ist normal geblieben. An der Grenze zwischen dem normalen und überverlängerten Gewebe begann zur Zeit der Untersuchung eine Tafelkorkbildung (*f*) sich einzustellen, die, sich an die verkorkte Innenstelle anschließend, eine zusammenhängende zähe Masse bildete.

Ähnlichen Korkzellen begegnen wir bei den Früchten vom Kernobst, namentlich bei Äpfeln. Auch hier macht der Hagelschlag vielfach keine offenen Wunden, namentlich bei unreifen Früchten. Wir finden nur vertiefte, sich später teilweise bräunende Stellen. Die Vertiefung kommt dadurch zustande, daß das unter der unverletzt bleibenden Epidermis liegende Parenchym der Apfelrinde gequetscht worden ist, infolgedessen vertrocknet und, meist in radialen Rissen, zerklüftet. Auch hier bleibt, wie bei der Tomate, die Stärke in dem verkorkenden Gewebe der Umgebung der Hagelwunde erhalten, falls der Apfel zur Zeit des Hagelschlages noch unreif war. Es bilden sich in diesem Falle später oftmals auch unregelmäßige uhrglasförmige Zonen von Korkzellen aus, welche die gesamte innere Hagelwunde vom gesunden Fruchtfleisch abgrenzen.

Hochbedeutsam sind die durch Hagelschlag hervorgerufenen Rindenwunden, welche, an sich in der Regel von geringer Ausdehnung, durch ihre Häufigkeit aber wesentliche Schädigungen repräsentieren. Derartige Verletzungen an Gehölzen zeigen, daß die Störung im Gewebe sich nicht bloß auf die Hagelstelle selbst erstreckt, sondern sich auch seitlich noch fortpflanzt. Bei Hagelwunden an den diesjährigen Zweigen, an denen sie relativ den beträchtlichsten Schaden verursachen, pflanzt sich die Störung von der eigentlichen Wundstelle in der Form einer Rindenlockerung seitlich fort. In Folge davon sehen wir im Querschnitt von der toten Zone aus Streifen von meist stärkegefülltem Parenchymholz sich in das normale Holz einschieben und dasselbe lockern. Es wird dadurch spröde und brüchig, und dies dürfte besonders bei solchen Baumarten ins Gewicht fallen, deren Zweige als Binde- und Flechtmaterial Verwendung finden (Weide, Birke). Unterscheiden läßt sich die Hagelwunde von der Frostbeschädigung oft durch ihre Lage im Jahresringe. Da Hagel meist in der heißen Zeit auftritt, so liegt die Wunde nahe dem Abschluß des Jahresringes, während sich die Frostbeschädigung meist in der Frühlingsholzzone vorfindet. Auffallend ist, daß unter den Hagelstellen diesjähriger Zweige, auf welche ein Frost überhaupt noch gar nicht eingewirkt haben kann, man bisweilen in dem Radius der Wundstelle die Markkrone gebräunt, namentlich aber den Spiralgefäßteil des Gefäßbündels stark verfärbt findet. Da das zwischen der Wundstelle und der Markkrone liegende Holz des Gefäßbündels gesund ist, so bleibt nur der Schluß, daß (vielleicht durch die Markstrahlen) eine Fortpflanzung der Störung nach dem Marke hin erfolgt.

Oftmals lassen sich auch die Hagelwunden von Frostwunden dadurch unterscheiden, daß bei ersteren sehr bald wieder geradlinig gefächertes, gefäßreiches, normales Holz auftritt, während bei den verheilenden Frostrissen durch die größere Ausdehnung der Überwallungsränder breitere Zonen von Parenchymholz zu finden sind. Bei schwachem Hagelschlag erfolgt die Tötung der Rinde innerhalb der Schlagfläche nicht gleichmäßig, und das Kambium wächst lückenhaft weiter. Nach Voges[1]), der eingehende Darstellungen der Hagelschäden an den Obstgehölzen gegeben hat, ist das Charakteristische einer Hagelschlagwunde an jüngeren Zweigen, daß schmale Bänder oder Fäden des ursprünglichen abgestorbenen Rindengewebes vom oberen nach dem unteren

[1]) Voges, E., Über Hagelschlagwunden an Obstgewächsen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXII (1912), S. 457—462.

Rande der Wunde hinstreichen. Vereinzelt erscheinen Spaltöffnungen und auch Lentizellen im regenerierten Periderm. Sklerenchymatische Gewebeelemente sind eine charakteristische Erscheinung im regenerierten Rindengewebe, ebenso isolierte Bastfaserbündel und Holzkörper. Der Holzkörper zeigt oft enorm verbreiterte Markstrahlen mit unregelmäßig ausgestalteten Zellen.

Bei der Unregelmäßigkeit der Heilungen löst sich an den Wundstellen die Rinde schlecht und unregelmäßig vom Holze, und dies gibt im Eichenschälwaldbetriebe Veranlassung, daß die verhagelten Eichenschossen sich schlecht schälen lassen.

Vielfach sind die Hagelwunden Ausgangsstellen für andere Krankheitserscheinungen. Wenn feuchte Witterung längere Zeit nach dem Hagelschlag anhält, zeigen sich nicht selten Anfänge von Wundfäule, Pilzfäule und dergleichen. Bei Amygdaleen bürgert sich leicht Gummifluß ein. Solche Folgekrankheiten können nachher Veranlassung zum Absterben von Zweigen geben. Betrifft dieses Absterben die Gipfeltriebe junger Bäume, so sind verkrüppelte Kronen oder (bei Sämlingen) krüppelhafte Stämme die nicht seltene Folge.

In Obstbaumschulen wird nach heftigem Hagel, der die glattrindigen Stämme stark beschädigt hat, sich oft als das beste Mittel das Zurückschneiden derselben über der Veredelungsstelle empfehlen, um einen ganz neuen Stamm zu erzielen. Auch bei älteren Stämmen mit stark verhagelter Krone, die ja oftmals auch noch durch die vom Sturm abgerissenen Äste deformiert ist, wird man im folgenden Frühjahr durch zweckmäßiges, tiefes Zurückschneiden die Krone zum Teil neu zu bilden suchen müssen. Obgleich die Reproduktionskraft zur Zeit der Hagelschäden in der Regel groß ist, so daß die Wunden leicht überheilen können, so wird man doch bei glattrindigen Stämmen, die größere Partien von Rinde durch die dicht nebeneinander aufgeschlagenen Körner losgeplatzt zeigen, zum Verschließen der Wunde durch eine Baumsalbe schreiten müssen.

Der Warnung, welche wir betreffs Erhaltung des verhagelten Blattapparates bei den Gemüsepflanzen ausgesprochen, schließt sich Müller-Thurgau auch in Beziehung auf die Obstbäume und den Weinstock an[1]). Dorn[2]) empfiehlt das Abschneiden des unnütz gewordenen Holzes und Auflockerung des Bodens. Ähnlich spricht sich K. Müller aus[3]).

Bei dem Weine wird von einem „Hagelgeschmack" gesprochen[4]); dies ist vermutlich eine Folge von Pilzansiedlung an den Wundstellen der durch Hagelschlag beschädigten Beeren. Es ist empfehlenswert, dieselben auszuschneiden, obgleich die Arbeit sehr mühsam ist. Die gelockerte Traube schließt sich wieder vollkommen, da die stehengebliebenen Beeren um so größer werden. Wenn man die verhagelten Weinstöcke durch den Schnitt regulieren will, fange man frühestens eine Woche nach dem Hagelwetter mit dem Schneiden an, um zu sehen, wie weit die Stöcke sich erholt haben; dabei muß so viel als möglich von

---

[1]) Müller-Thurgau, Beobachtungen über Hagelschäden an Obstbäumen und Reben. VII. Jahresber. d. Versuchsstation zu Wädensweil.

[2]) Dorn, Behandlung hagelbruchbeschädigter Reben. Weinbau und Weinhandel XXXVII (1919), S. 135.

[3]) Müller, K., Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung S. 74, 2. Aufl. 1923 S. 78f.

[4]) Chronique agricole du Canton de Vaud vom 10. August 1895.

dem diesjährigen Holze erhalten bleiben. Besonders wichtig ist es, die unteren, Früchte versprechenden Augen an den Reben in Ruhe zu lassen, d. h. sie vor vorzeitigem Austreiben zu bewahren. Dies geschieht dadurch[1]), daß man mindestens noch einmal so viel Augen, als man im nächsten Jahre nötig hat, über den eigentlichen Fruchtaugen an der Rebe stehen läßt.

Unter den Vorbeugungsmitteln gegen Hagelschäden ist weiterer Prüfung ein in Piemont üblich sein sollendes Verfahren zu empfehlen. Es werden nämlich Netze von verzinktem Eisendraht über die Stöcke gespannt[2]).

In früherer Zeit hat „das Hagelschießen" zu zahlreichen Versuchen geführt. Die Theorie, welche zur Anwendung des Mittels führt, wird von Nolibois[3]) entwickelt. Die von der Erde aufsteigenden Wasserdämpfe verdichten sich zu Wolken, deren dichteste Lagen am tiefsten liegen. Wenn diese untersten Schichten, veranlaßt durch die starke Wärmeausstrahlung des Erdbodens, sehr stark verdampfen, wird die unmittelbar darüber liegende Wolkenschicht in hohem Maße abgekühlt, gelegentlich sogar bis unter den Nullpunkt. Irgendein Anstoß genügt nunmehr, um den überkälteten Nebel zum Gefrieren und Niederfallen zu bringen. Der Prozeß setzt sich unter beständiger Abschwächung der Kältewirkung in die höheren Wolkenschichten fort und langt endlich bei der Regenbildung an.

Nach dieser Theorie wären Abhänge dem Hagel mehr ausgesetzt als Flachland, kalkiger und sandiger Boden mehr als feuchter Alluvialboden, nackter Boden mehr wie bewaldeter, das feste Land mehr wie die Seen oder das Meer. Wenn man nun die übereinanderlagernden Wolkenschichten miteinander vermengen könnte, so daß eine größere Temperaturausgleichung erfolgte und eine Überkältung verhindert würde, so dürfte der Hagelbildung vorgebeugt werden können. Eine solche Bewegung der den Wolken benachbarten Luftschichten sucht man nun durch die Erschütterung infolge von Kanonenschüssen herbeizuführen.

Eine andere Theorie, die von der Entstehung von Wirbelstürmen infolge Nachfließens kalter Luft von den Bergen in den warm aufsteigenden Talstrom ausgeht[4]), kommt ebenfalls zur Empfehlung des Hagelschießens. In Italien haben sich bereits zahlreiche Schießstationen gebildet; doch lauten deren Meldungen sehr widersprechend; günstiger wird über das Wetterschießen aus Frankreich berichtet[5]).

Verwundungen von Früchten und Samen.

Die zahlreichen Ursachen für Verletzungen an Früchten, welche die Existenz derselben in Frage stellen, geben die Insekten ab. Das Anfressen bis zum vollkommenen Aushöhlen junger Äpfel und Birnen durch Raupenfraß usw., ja auch von Kirschen durch Wespen ist ein be-

[1]) Ungarische Weinzeitung 1896, Nr. 34.

[2]) Rho, G., Le reti metalliche a difesa delle viti dalla gragnuola. Bollet. d. Soc. dei Viticoltori. Roma VII, 1892, S. 276ff.; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IV (1894), S. 168.

[3]) Nolibois, P., Théorie de la formation de la grêle; vgl. Hollrungs Jahresb. f. Pflanzenkrankh. 1904, S. 73.

[4]) Bordiga, O., Grandine e spari. Atti del R. Istituto d'incoraggiamento, Napoli, 5 ser., II.

[5]) Praktische Blätter f. Pflanzenschutz, herausg. von Hiltner, 1905, Nr. 11.

kanntes Beispiel; ihm schließt sich das „Madigwerden" an, gegen welches man einmal ein eigentümliches Verfahren, das Entkelchen bei Kernobst, versucht hat. Man versteht darunter ein Abschneiden der Kelchzipfel an der jugendlichen Frucht. Dies geschieht in der Voraussetzung, daß die Insektenlarven stets durch die Kelchhöhle und Griffelröhre in das Kernhaus hineinwandern; diesen Weg will man durch den Überwallungswulst, der sich infolge des Entkelchens am Gipfel der Frucht bildet und die Eingangsöffnung bedeutend verengt, verschließen. Einen unbedingten Schutz gewährt das Verfahren nicht, selbst wenn die Voraussetzung der Anhänger desselben wahr wäre, daß nämlich die Kelchhöhle gänzlich geschlossen würde. Es erfolgt aber kein vollständiger Schluß, sondern einfach eine Verengung durch Ausdehnung des vom Druck der Epidermis befreiten Fleisches der Frucht in der Umgebung der Schnittwunde und ein Schluß der Wundfläche durch Korkbildung.

Die obenerwähnten Fraßstellen an den jungen Früchten werden natürlich gleichfalls zu rauhschaligen Korkstellen, an denen mit dem Dickwerden der Frucht der Kork aufreißt und über der neuerzeugten Schicht abblättert. Diese Wundkorbkildungen dürfen nicht verwechselt werden mit den durch Frost verursachten Zeichnungen (vgl. S. 556) oder den Korkbildungen infolge von Pilzangriffen (*Fusicladium*). Ebenso müssen die pathologischen Korkbildungen von den sogenannten Rostpunkten, den Lentizellen[1]), auseinandergehalten werden.

Ihre Zahl (nach Goebel hat eine ungefähr 7 cm lange Birne mehr als 3000) und ihre gleichmäßige Verteilung sowie ihre Kleinheit (zwischen $^1/_{10}$—$^1/_2$ mm) lassen die Lentizellen, welche als Luftlücken sehr einfachen Baues anzusprechen sind, leicht erkennen. Bei den Lentizellen ist die Epidermis abgestoßen, so daß eine Lücke entsteht, in deren Grunde noch Reste zusammengefallener, gebräunter, kollenchymatischer Hypodermzellen wahrnehmbar sind; unter diesen liegen lebende, tafelförmige, plasmaarme, korkähnliche Zellen in 3—4 Lagen, zwischen denen sich Interzellulargänge befinden. Damit ist ein Weg für den Luftaustausch, der sonst durch die Wachsglasur der Schale ganz herabgedrückt ist, geschaffen. Die Flecke bei den Äpfeln unterscheiden sich nach Goebel von den eben beschriebenen der Birnen nur dadurch, daß die abgestorbenen Zellen im Innern der Lücke nicht so zusammengefallen sind, sondern als braunes Pulver die Lücken ausfüllen.

Von dem Aufspringen der Früchte bei großer Nässe und auch bei Trockenheit ist an anderen Stellen die Rede gewesen. Über Hagelschlagstellen, die sich nicht wesentlich von anderen Schlag- bzw. Quetschwunden unterscheiden, berichtet Voges[2]) von Birnen (Steinzellen; siehe diese) und Äpfeln.

Die Quetschwunden, welche durch Herabfallen schwerer, fleischiger Früchte auf den harten Erdboden entstehen, sind für das Leben der Frucht nur dann gefährlich, wenn Feuchtigkeit zur Quetschstelle Zutritt hat. Es ist nicht das saftlos werdende Gewebe der Schlagstelle, sondern die Risse in der Wachsglasur, welche die Gefahr darstellen, da nachgewiesenermaßen durch die kleinsten Rißstellen die Fäulnispilze (*Penicillium*, *Botrytis*) ihren Einzug halten.

---

[1]) Pomologische Monatsheite, 1879, S. 9.

[2]) Voges, E., Über Hagelschlagwunden an Obstgewächsen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XXII (1912), S. 457f.

Einen zweiten Grund für die S. 655f. als Folge des Sonnenbrandes besprochene Erscheinung des Samenbruches der Weinbeeren stellte Mohr[1]) in den Verletzungen der Beeren durch Hagelschlag hin, und es steht zu vermuten, daß auch noch andere Umstände dieselbe Wirkung haben können.

Eine weitere bei Weinstöcken vorkommende Verletzung ist das „Knicken der Traubenstiele". Nach den Untersuchungen von Neubauer[2]) bleiben die Beeren an den geknickten Stielen kleiner und leichter, ihr spezifisches Gewicht geringer, ihr Säuregehalt größer und ihr Gehalt an Fruchtzucker minder groß. Die Beeren welken, ohne in den Zustand der Notreife zu gelangen. Letzterer Umstand wird nur eintreten, wenn die Verletzung des Traubenstiels in einem sehr vorgeschrittenen Entwicklungsstadium der Beeren stattfindet.

Die Verletzungen von Samen haben bereits ein eingehenderes Studium erfahren. Sachs, van Tieghem, Haberlandt, Blociszewski haben in dieser Beziehung aufklärende Arbeiten geliefert, aus denen hervorgeht, daß der junge Keimling sich in seiner Größenentwicklung nach der Menge von Reservematerial richtet, das entweder im Sameneiweiß oder in den Samenlappen ihm zur Verfügung bleibt. Daß verwundete Samen früher keimen als unversehrte[3]), darf eigentlich kaum wundernehmen, wenn man bedenkt, daß durch eine Wundstelle die zur Quellung nötige Flüssigkeit alsbald Eintritt findet. Betreffs des Ernteproduktes erscheint indes die Menge des Reservematerials im Saatgut nicht immer maßgebend; wenigstens zeigen sich bei den Haberlandtschen Versuchen mit verstümmelten Getreidekörnern, daß oft solche, welche die Hälfte ihrer Reservestoffe eingebüßt, größere Körnermengen brachten als diejenigen, denen nur der vierte Teil fortgenommen worden war. Wenn man natürlich sehr große Mengen oder gar den ganzen Vorrat von dem zur Ernährung des Keimlings bestimmten Material entfernt, dann können nur sehr kümmerliche Exemplare entstehen, wie schon Bonnet durch seine Experimente im 18. Jahrhundert festgestellt hat[4]).

Bei dem großen Reichtum an Reservestoffen kann man von vornherein vermuten, daß Kotyledonen unter günstigen Umständen als Stecklinge Verwendung finden könnten. Bei Erbse und Lupine konnte Blociszewski[5]) ebenso wie van Tieghem eine Wurzelbildung selbst aus Stücken von Kotyledonen wahrnehmen, indes gelang es ihm nicht, die von letzterem gesehene Bildung einer neuen Knospe zu beobachten. Die Experimente von van Tieghem[6]) haben in einer Richtung eine ungemein wichtige Anregung gegeben. Bei *Mirabilis jalapa* ließ sich nämlich konstatieren, daß die Kotyledonen auch auf Stärkekörner, welche von anderen

---

[1]) Bot. Zeit. 1872, Nr. 14, S. 130.

[2]) Versuchsstationen XI, S. 416 ff.

[3]) Haberlandt, Einfluß der Verstümmelung der Getreidekörner auf die nachfolgende Entwicklung der Pflanzen. Wissenschaftl.-prakt. Untersuchungen I (1875), S. 234.

[4]) Bonnet, Untersuchungen über den Nutzen der Blätter bei den Pflanzen. Nürnberg 1762. Deutsche Übersetzung, S. 138. — Duhamel du Monceau, Physique des arbres. Paris II (1758), S. 12.

[5]) Blociszewski, Physiologische Untersuchung über die Keimung usw. Landwirtsch. Jahrbücher 1876, S. 145ff.

[6]) Recherches physiologiques sur la germination. Annal. d. scienc. nat. 5. Ser., XVII (1873), S. 205.

Pflanzen, wie Kartoffeln und Buchweizen, stammten, einen lösenden Einfluß ausüben konnten, ähnlich demjenigen, den sie auf ihr eigenes Sameneiweiß bei der Keimung zeigen. Dieser Umstand deutet auf eine Möglichkeit hin, beschädigte Samen wertvoller Pflanzen durch künstliche Ernährung unterstützen zu können.

Teilweiser Verlust des Laubapparates.

Die Folgen einer teilweisen oder gänzlichen Entlaubung[1]) müssen natürlich in der Menge der produzierten Trockensubstanz zum Ausdruck kommen. Der Effekt ist verschieden je nach Menge und Alter der entfernten Blätter und je nach der Möglichkeit eines Ersatzes des fehlenden Laubapparates aus vorhandenen Knospen und dem in der Achse gespeicherten Reservematerial für deren Entfaltung.

Betreffs der Waldbäume bringen die Jahrbücher für Forstwirtschaft genügende Beispiele, auf die hier darum nicht näher eingegangen zu werden braucht, da jeder Einzelfall besonders beurteilt werden muß. Bei den zahlreichen Beschädigungen durch Raupen hängt beispielsweise die Größe der Beschädigung von der Fraßzeit und Fraßdauer ab. Verwiesen sei in dieser Beziehung auf die Angaben von Ratzeburg[2]), der den Einfluß der Entnadelung auf die Jahresringbildung bei Fichten und Kiefern eingehend bespricht und später auch die Laubhölzer behandelt[3]). Daß auch der anatomische Bau eines nach starker Entnadelung entstehenden Holzringes geändert (viel zarter) wird, zeigen die Untersuchungen von Cieslar[4]). Unter Umständen können in dem nach der Entlaubung erfolgenden Zuwachs die Gefäße gänzlich fehlen[5]). Schon Hartig[6]) hatte nachgewiesen, daß mit Verringerung der Blattmenge eine Verminderung der Gefäßzahl Hand in Hand geht. Daß unter Umständen doppelte Jahresringe entstehen können, hat Kny[7]) bereits erwähnt. Wieler[8]) zeigt durch Versuche, daß man durch Verschiebungen in der Ernährung die Grenzen zwischen Frühlings- und Herbstholz ganz verwischen könne.

Derartige Folgen werden auch bei den Obstbäumen eintreten und häufig in der Fruchternte zum Audsruck kommen. Nur in wenigen Fällen kann eine teilweise Laubentfernung sich wirtschaftlich empfehlenswert erweisen, wie z. B. beim Weinstock, wenn derselbe beständig neue Laubtriebe produziert, welche die zur Ausbildung der Trauben nötige Nahrungszufuhr für sich beanspruchen. Bei der Zwergobstbaumzucht kann teilweise Entblätterung zur Einschränkung des vegetativen Zuwachses dienen.

Von den ein- und zweijährigen Kulturpflanzen kommen besonders die Rüben in Betracht, weil man in Jahren der Futternot im Laufe des

---

[1]) Vgl. auch Frank, A. B., Krankh. d. Pfl. S. 51ff.

[2]) Ratzeburg, Waldverderbnis. I, S. 160, 234 u. a.

[3]) A. a. O. II, S. 154, 190, 233.

[4]) Cieslar, A., Über den Einfluß verschiedenartiger Entnadelung auf Größe und Form des Zuwachses der Schwarzföhre. Centralbl. ges. Forstw. 1900, H. 8, 9.

[5]) Lutz, K. G., Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Ber. D. Bot. Ges. 1895, S. 185.

[6]) Hartig, R., Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. Bot. Zeitg. 1892, S. 176. Zit. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1892, S. 292.

[7]) Verhandl. d. Bot. V. d. Prov. Brandenburg XXI, 1879. Abh. S. 1ff., T. I.

[8]) Wieler, A., Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharander forstl. Jahrb. XLII (1892).

Sommers die älteren Blätter abbricht und zu Viehfutter verwendet. Daß der Rübenkörper dadurch veranlaßt wird, mehr wie sonst neues Laub zu bilden, und daß dadurch die Speicherung der Reservestoffe leidet, beweist ein Beispiel aus Böhmen[1]). Hier zeigte sich, daß nach der Entblattung nicht nur der Rübenkörper selbst kleiner blieb, sondern daß namentlich der Zuckergehalt um 10% geringer als bei den unversehrt gelassenen Rüben war. Gleichlautende Resultate erzielten Strohmer, Briem und Fallada[2]) wie auch Aderhold[3]) bei seinen Versuchen mit Rüben und Getreide und bei den letzteren Schlumberger[4]). Bei letzterem zeigte sich, daß besonders die Ährenlänge, abgesehen von der Reduktion der gesamten Erntemasse, stark beeinflußt wurde.

Indes darf man mit seinen Befürchtungen auch nicht zu weit gehen und geringfügige Verluste an Blattsubstanz zu hoch bewerten. Man darf nämlich nicht vergessen, daß bei noch kräftig vegetierenden Blättern, die einen Teil ihrer Lamina verloren haben, der zurückbleibende Teil zu erhöhter Arbeitsleistung angeregt wird[5]). Boirivant[6]) fand sogar, daß nach Entfernung der Blattspreiten sich die Blattstiele und Stengel in höherem Maße als bisher an der Assimilation beteiligen, und daß ihr parenchymatisches Gewebe in Streckung und Vermehrung eintreten kann. Ravaz[7]) betont, daß bei sachgemäßem Entblättern des Weinstockes sich bessere Qualitäten ergeben.

Beschädigung der Blätter.

Die Reaktionen der Blätter nach Verwundungen sind ungemein verschieden je nach der Art der Pflanze, dem Alter des Blattes und der Zeit der Verwundung. Wir begnügen uns mit der Darstellung der beiden Extreme, nämlich der Reaktion eines derben, lederartigen und eines fleischigen Blattes. In ersterer Beziehung repräsentiert *Prunus laurocerasus* einen Fall, bei welchem, wie wir bereits bei den Folgen der Kupferbespritzungen erwähnt haben, mit der Verwundung ein Abstoßungsprozeß der verletzten Zellenkomplexe verbunden ist. Nach Blackman und Matthaei[8]) sterben je nach der Stelle des Blattes, wo die Verletzungen stattgefunden haben, entweder nur die betroffenen Zellen oder auch noch deren unmittelbare Umgebung ab. Es entsteht um die Wunde eine braune Zone mit einem helleren Hofe. In dieser

---

1) Blätter f. Zuckerrübenbau 1905, Nr. 20.

2) Strohmer, F., Briem, H., Fallada, O. Weitere Untersuchungen über das Abblatten der Zuckerrüben. Mitt. d. chem.-techn. Versuchsstat. für Rübenzuckerindustrie Österr.-Ungarns IV, 36. Österr.-Ung. Zeitschr. f. Zuckerind. u. Landw. XLI, H. 2.

3) Aderhold, R., Über die durch teilweise Zerstörung des Blattwerkes der Pflanze zugefügten Schäden. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz. III (1905), Heft 2.

4) Schlumberger, Otto, Untersuchungen über den Einfluß von Blattverlust und Blattverletzungen auf die Ausbildung der Ähren und Körner beim Roggen. Arbeiten d. K. Biolog. Anst. f. Land- u. Forstw. VIII (1913).

5) Sorauer, P., Studien über Verdunstung. Forsch. a. d. Gebiete der Agrikulturphysik III, Heft 45, Rp. S. 109.

6) Boirivant, A., Sur le tissu assimilateur des tiges privées de feuilles. Comp. r. Ac. Paris CXXV, S. 368; vgl. Bot. Jahresb. 1898, S. 231.

7) Ravaz, L., L'effeuillage de la Vigne. Ann. Ecole nat. Agric. Montpell. 2. sér. XI (1911/12), fasc. 3.

8) Blackman, F. F., and Matthaei, G. L., On the reaction of leaves to traumatic stimulation. Ann. Bot. XV (1901), S. 533 mit Taf.; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenk. XII (1902), S. 61.

hyalinen Region reißt die Epidermis auf, und es wachsen aus dem be nachbarten Mesophyll farblose, sehr zartwandige Zellen hervor, die kutikularisieren und einen vollständigen Verschluß der verwundeten Blattfläche darstellen. Wenn dieser Verschluß fertig ist, wird das tote Gewebe ausgestoßen. Vorausgesetzt ist dabei das Vorhandensein feuchter Luft; andernfalls bildet sich ein normales Periderm aus mehreren Zellagen, das vollkommen ausreichend das gesunde Blattgewebe schützt.

Der zweite Fall der Heilung von Blattwunden, nämlich durch Callusbildung, wird durch Abb. 237 vorgeführt. Es ist eine Schnittwunde an *Leucojum vernum.* Die Wunde war durch den zwischen den beiden Gewebelamellen *f* und *f'* liegenden Luftraum gegangen; *vvvv* sind die Ränder der Wundstelle mit den abgestorbenen Geweberesten. Der Wundraum ist nun durch die aus dem frischen Gewebe sich durch Streckung

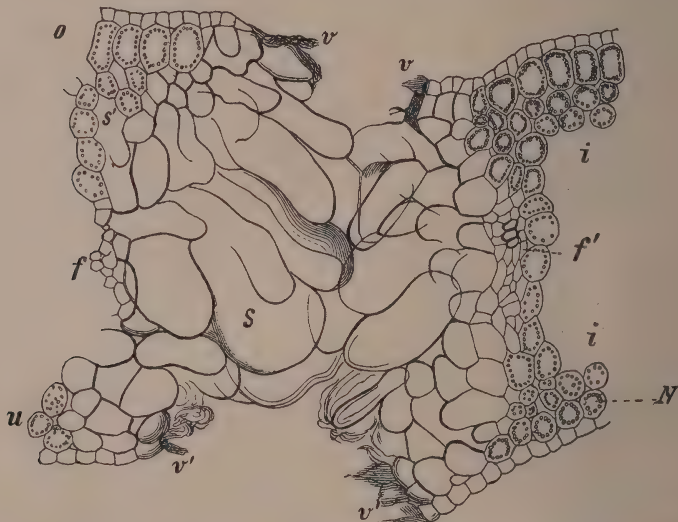


Abb. 237. Durch Callusbildung sich schließende Wunde eines jungen Blattes von *Leucojum vernum.* (Nach Frank.)

entwickelnden chlorophyllosen Calluszellen ausgefüllt, deren Wandungen verkorken. Der normale Zustand des Blattes ist auf der rechten Seite der Abbildung dargestellt, wo *i i* einen großen Luftraum bezeichnet, dessen Umgebung (*N*) durch einen Wundreiz nicht verändert worden ist; *o* ist die Oberseite, *u* die Unterseite des Blattes. Nach diesem Schema reagieren viele fleischige Blätter, deren Heilungsvorgänge aber durch nachträgliche Beteiligung des Korkbildungsprozesses mannigfach variieren. Es kann auch vollständige Vereinigung der Wundränder stattfinden, wie man dies auch bei Schnittflächen fleischiger Wurzeln und Knollen[1]) beobachten kann. Die Vereinigung kann teils durch organische Verwachsung, teils durch bloße Verkittung erfolgen, indem die angeschnittenen Zellen sich durch Quellung ihrer Wandungen in eine gummiähnliche Masse verwandeln.

---

[1]) Figdor, Wilhelm, Studien über die Erscheinung der Verwachsung im Pflanzenreiche. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Wien 1891; vgl. Bot. Zeit. 1891, Nr. 23.

Eine eingehende Untersuchung lieferte Wyneken[1]), bei der er auch Zwischenformen zwischen Wundkork und Callus fand. Auch das Verhalten der Zellinhaltstoffe ist besprochen.

Je nach dem spezifischen Charakter des Blattes, der Jugendlichkeit desselben und seiner Entfernung von Resererstoffbehältern kann dasselbe unter Umständen künstlich entfernte Teile wieder ergänzen (Restitution nach Küster) oder ein Ersatzorgan bilden (Regeneration)[2]).

Über die Regeneration der Epidermis hat P. Kassner[3]) umfangreiche Untersuchungen angestellt; er hat die Blätter von zahlreichen Pflanzen, besonders Gehölzen, untersucht und gefunden, daß im jungen Blatte, aber vielfach auch noch im weit differenzierten, eine Regeneration stattfindet, und wenn es, wie bei *Tradescantia*, physiologisch durch Raphidenbedeckung geschieht. Haare und Spaltöffnungen zeigten sich nur in seltenen Fällen; von wesentlicher Bedeutung ist meist die Nähe eines Gefäßbündels. Die Herstellung eines kollenchymatischen Zuführungsgewebes (Haberlandt) begünstigt die Regeneration. Die der Wunde benachbarten Epidermiszellen verhalten sich meist passiv. Liegen die Wundränder aneinander, so schließt sich der Spalt und verwächst.

Elftes Kapitel.

Vegetative Vermehrung[4]).

a. Stecklinge.

Blattstecklinge.

Die bekannteste und am meisten angewandte Vermehrung durch Blätter ist die bei den Begonien. Bei der in den verschiedensten Spielarten vorhandenen *Begonia*[5]) *rex* u. a. erscheinen die mittelst Durchschneidung der Nerven am horizontal auf die Erde gelegten Blatte entstandenen Wunden alsbald durch Callus[6]) geschlossen[7]). Es entsteht auf diese Weise ein knolliges Gewebe am Mutterblatt, aus welchem selbst oder dessen nächster Umgebung die Wurzeln zuerst hervorbrechen; später bilden sich auf diesem Gewebe auch die Sprosse aus, die aber keine eigenen Wurzeln bilden, sondern durch die vorgenannten des Überwallungswulstes weiter ernährt werden. Diese Sprosse entwickeln sich aus einer oder wenigen Zellen der Epidermis in der Nähe des durchschnittenen Blattnerven bald nahe, bald ferner von der Verwundungsstelle. In solchen Zellen entsteht zunächst eine horizontale Scheidewand und all-

---

[1]) Wyneken, Karl, Zur Kenntnis der Wundheilung an Blättern. Diss. Göttingen 1908.

[2]) Figdor, Wilhelm, Über Regeneration der Blattspreite von Scolopendrium. Bericht d. Deutsch. Bot. Ges. XXIV (1906), Heft 1. — Über Restitutionserscheinungen an Blättern von Gesneriaceen. Jahrb. f. wiss. Bot. XLIV (1907), Heft 1.

[3]) Kassner, P., Untersuchungen über Regeneration der Epidermis. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XX (1910), S. 193—234. Mit Abbildungen. — Dort auch die Literatur.

[4]) Loebner, M., Grundzüge der Pflanzenvermehrung. 3. Aufl. Berlin, P. Parey 1921.

[5]) Regel, A., Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern. Jenaer Zeitschr. für Nat. 1876.

[6]) Über die bei sehr vielen Stecklingen, namentlich bei der Gewächshausvermehrung vorkommenden „Callushypertrophien“ vgl. Küster, E., Pathol. Pflanzenanatomie, S. 91ff. — Über den Callus als Beispiel für „Hyperplasie“ vgl. Küster a. a. O. S. 153ff.

[7]) Vgl. u. a. Ad. Hensen, Vorläufige Mitteilung. Flora 1879, S. 254.

mählich durch weitere Teilung das Meristem des jungen Sprosses, aus dem sich ein Wulst als erstes Blatt differenziert.

Die Wurzeln bilden sich seitlich aus wenigen Zellen, welche neben der kambialen Zone der Gefäßbündel liegen. Diese somit „endogen" angelegten Wurzeln durchbrechen in kurzer Zeit das vor ihnen liegende Gewebe. Bei den Zweigstecklingen der Begonien können die Wurzeln auch aus dem Interfaszikularkambium hervorgehen, wie Fr. Regel[1]) angibt. Dieser Autor, der außer *B. rex* mehrere andere Begonien mit rhizomartigem, niederliegendem Stengel, wie z. B. noch *B. imperialis* und *B. xanthina*, untersucht hat, erwähnt, daß auf der Blattspreite an eingeschnittenen Stellen die Bildung von Knospen ebenso stattfindet. Nachdem die Epidermiszellen sich geteilt, werden auch das darunter liegende Kollenchym und das Grundgewebe in die Neubildung hineingezogen, und diese helfen den über das Blatt an der eingeschnittenen Stelle entstehenden Hügel von Vernarbungsgewebe bilden, welches sich von dem der Zweigstecklinge nur dadurch unterscheidet, daß hier die Epidermis sich an der Zellvermehrung beteiligt.

Diese Epidermistätigkeit kann gleich in der ersten Zeit nach dem Einschnitt in das Blatt von ganz besonders bemerkenswerter, physiologischer Wichtigkeit werden, indem sich in der Nähe der Wundstelle einzelne Oberhautzellen haarartig strecken („Pseudo-Wurzelhaare") und zweifelsohne eine wurzelähnliche Tätigkeit entwickeln, bis echte Wurzeln sich gebildet haben.

In der beistehenden Abb. 238 sehen wir die Neubildungen an der Schnittfläche einer stärkeren Blattrippe von einer Hybride der Rex-Begonie. *A* bedeutet den alten Blatteil, *B* die entstandenen Neubildungen. Aus der Schnittfläche war zunächst ein reichliches Callusgewebe (*c*) hervorgebrochen, das zur Zeit noch Spitzenwachstum seiner Zellreihen zeigt, aber durch die auftretenden parallelen Korkzellenwände andeutet, daß es im Übergang zum Überwallungsrande ist. An der Grenze zwischen dem Callus und alten Blattgewebe bricht unterseits die endogen angelegte neue Wurzel (*w*) hervor, während oberseits sich bereits zwei neue Knospenanlagen gebildet haben. Die eine, jüngere, zeigt bei *d* das meristematische, durch Teilung der ursprünglichen Epidermiszellen und des subepidermalen Gewebes entstandene Gewebe der jungen Knospe mit ihrer Epidermis (*e*). Die zweite Knospe ist früher an einem von der Schnittfläche entfernter liegenden Punkte gebildet worden und in ihrer Entwicklung schon weiter fortgeschritten. Der eigentliche Knospenkegel (*d*) ist bereits von einer weiter vorgewölbten Blattanlage (*bl*) überwölbt, in welche junge Spiralgefäße (*f*) hineingehen. Der Gefäßbündelring des alten Blatteils ist durch *g* angedeutet, während *t* den in die neue Wurzel abgehenden Gefäßkörper bezeichnet.

An Stielen von Blättern der *Begonia rex*, an denen Adventivsprosse entstanden waren, beobachtete Kny[2]), daß die Leitbündel sich vergrößert hatten. Das Kambium hatte seine Teilungen fortgesetzt ebenso wie das benachbarte Grundgewebe, wobei die neuen Wände zwischen

---

[1]) Fr. Regel, Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern usw. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. 1876, S. 477; vgl. Bot. Jahresber. 1876, S. 423, 439, 452 usw.

[2]) Kny, L., Über die Einschaltung des Blattes in das Verzweigungssystem der Pflanze. Naturw. Wochenschrift N. F. III. 1904, S. 369; vgl. in Bot. Centralbl. XCVI, 1904, Nr. 50, S. 612.

benachbarten Bündeln vorwiegend parallel der Außenfläche des Stiels gerichtet waren. Dies wird von Kny als Anfang eines interfaszikularen Kambiums angesehen, das bei weiterer Ausbildung die peripherischen Bündel zu einem Kreise zusammengeschlossen haben würde.

Nach den mehrseitigen Beobachtungen, welche über Blattstecklinge bereits vorliegen, war die Annahme gerechtfertigt, daß die oben bei *Begonia* beschriebenen Vorgänge mehr oder weniger weit fortschreitend sich bei vielen Blattstecklingen vorfinden. Aus mehr oder weniger oberflächlich gelegenen Zellen entwickeln sich die Laubsprosse, oder es entstehen nur Wurzeln, ohne daß Laubsproßbildung stattfindet. Aus den

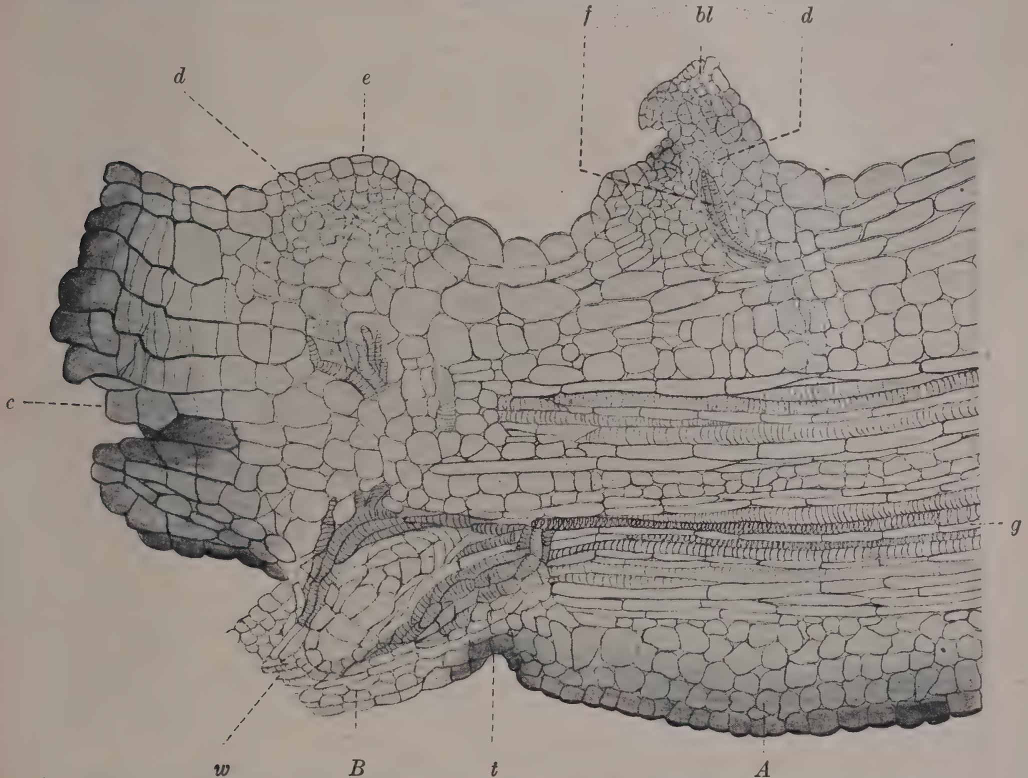


Abb. 238. Blattsteckling von einer hybriden Form der *Begonia rex*. (Orig. Sorauer.)

der Kambialzone angrenzenden Zellen entstehen die Anlagen der Wurzeln, welche entweder das alte Gewebe des Stecklings durchbrechen oder aus dem Wundvernarbungsgewebe hervorkommen. Die Unterschiede bei den einzelnen Gattungen sind meist unwesentlicher Natur, und die Meinungsverschiedenheiten der einzelnen Autoren erklären sich oft daraus, daß dieselbe Pflanzenspezies unter verschiedenen Verhältnissen und in verschiedenem Alter bei den einzelnen Individuen natürlich nicht immer dieselben Vorgänge zeigt. Aus den Untersuchungen von Beinling[1])

[1]) Beinling, E., Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia. Inauguraldissertation. Breslau 1878, S. 23.

ist beispielsweise zu entnehmen, daß die Gattung *Peperomia* keinen Kallus bildet, sondern die Schnittfläche durch Wundkork abschließt. Er sah übrigens die Knospen aus dem Grundparenchym des Blattstieles oder der Spreite, nicht aus der Epidermis und immer unabhängig vom Gefäßbündel entstehen. Dagegen beschreibt Hansen[1]) bei *Achimenes* und *Peperomia* ausführlich die Vorgänge der Wurzel- und Sproßbildung aus dem Callus. Hier entstehen nur die ersten adventiven Wurzeln aus den bereits vorhandenen Gewebeelementen. Nachdem das Callusgewebe einige Zeit hindurch sich vermehrt hat, zeigen sich im Innern desselben zahlreiche, prokambiale Stränge, die nach allen Richtungen gegen die Oberfläche hin streichen, und deren Zellen sich bald zu Tracheen umbilden, so daß der „Callus" mit einem verzweigten System von Leitbündeln versehen wird. Bald darauf erscheinen peripherische Zellen dieses Gewebes reich mit Protoplasma angefüllt, teilen sich und erzeugen ein Meristem, das sich wie bei den normalen Vegetationspunkten gliedert und namentlich deutlich bald eine Epidermis erkennen läßt. Versuche, die wohl am umfangreichsten von Scheppig jun. im Dahlemer Botanischen Garten ausgeführt wurden, haben gezeigt, daß bei der größten Mehrzahl der Pflanzen Blätter im jugendlichen Zustande als Stecklinge benutzt Wurzeln treiben, meist aber keine Blattsprosse erzeugen. Viele von diesen bewurzelten Blättern können sich jahrelang ohne Laubsproß lebend erhalten; sonst nur sommergrüne Blätter gleichfalls über ein Jahr. Oberinspektor C. Peters hat gleichfalls im Dahlemer Garten die riesigen Blätter der Sapindacee *Talisia princeps* gesteckt, dieselben bewurzelten sich schnell und waren vier Jahre unverändert, ohne einen Sproß zu erzeugen, ehe sie abstarben.

Bei den Blattstecklingen der Monokotylen sind die Vorgänge der Knospenbildung wie bei den Dikotylen. Magnus[2]) beschreibt Blattstecklinge von Hyazinthen. Aus der Bauchseite bilden sich an der Schnittfläche zahlreiche Adventivknospen, die, falls das Blattstück noch jung war, aus einer Epidermiszelle oder bei älteren Blattstücken aus dem darunter liegenden Parenchym entstehen. Aus den sich teilenden Gewebezellen formen sich zunächst zarte Gewebehöcker, die mit divergierenden, dichotom sich teilenden Zellreihen am Scheitel weiter wachsen (also wirklicher Callus). An weiter entwickelten Höckern tritt ein ringförmiger Wall auf, der zum ersten scheidenförmigen Blatte der Adventivknospe auswächst, während der eingeschlossene Scheitel derselben noch das Wachstum mit divergierenden Zellreihen zeigt. Auch an den Zwiebelschalen von *Lilium tigrinum* und *L. auratum* bilden sich die Knospen am äußersten Rande der Innenseite; die auf der Außenseite aus der Bastregion der Gefäßbündel entspringenden Würzelchen leben nur kurze Zeit, da die junge Pflanze alsbald selbständig Wurzeln macht.

Die Vorgänge der Knospenbildung an den Blattstecklingen unterscheiden sich auch nicht wesentlich von der freiwilligen Entstehung von Knospen auf unverletzten, an der Pflanze befindlichen Blättern. Bei-

---

[1]) Hansen, Ad., Über Adventivbildungen. Sitzungsber. d. phys.-med. Soc. zu Erlangen vom 14. Juni 1880; vgl. Bot. Centralbl. 1880, S. 1001.

[2]) Magnus, P., Hyazinthenblätter als Stecklinge. Sitzungsber. d. Ges. naturforsch. Freunde vom 16. Juli 1878; vgl. Bot. Zeit. 1878, S. 765.

spiele sind zahlreich bekannt geworden[1]); sie sind bei Moosen und Farnen[2]), bei Lilien und anderen Monokotylen, am zahlreichsten bei Dikotyledonen beobachtet worden. Für letztere namentlich stellte Beijerinck als Gesetz auf, daß die Gefäßbündel des Blattes einen Einfluß auf die Anlage der adventiven Organe haben. Da, wo der Holzteil der Gefäßbündel nach der Blattoberseite gekehrt ist, finden sich die Adventivknospen immer auf dieser Oberseite; sie stehen in den Achseln der Nerven und sind meist um so stärker entwickelt, je dicker die Gefäßbündel sind. Die Wurzeln entspringen aus der Bastseite der Gefäßbündel.

Regel[3]) gibt eine Aufzählung der Pflanzen, an denen blattbürtige Knospen beobachtet worden sind. Da die Knospen nach ihrer sorgfältigen Ablösung eigene Wurzeln austreiben und deshalb für die gärtnerische Vermehrung von Wichtigkeit sind, mögen einige Beispiele hier genannt werden. Außer dem bekannten, von Berge[4]) studierten *Bryophyllum calycinum*, dessen Einschnitte zwischen zwei Kerbzähnen der Blätter ein meristematisches Gewebe schon in ganz jungem Zustande besitzen und aus diesem Meristem alsbald Knospen entwickeln, sind noch folgende Arten bemerkenswert: *Hyacinthus Pouzolzii, Fritillaria imperialis, Ornithogalum thyrsoides, Drimia, Malaxis, Cardamine, Nasturtium, Brassica oleracea, Ranunculus bulbosus, Chelidonium majus, Levisticum officinale, Utricularia, Begonia quadricolor, B. phyllomanica*[5]). Hansen[6]) nennt noch *Hippuris, Elodea Canadensis* und andere Wasser- und Sumpfpflanzen. Caspary[7]) erwähnt *Nymphaea micrantha* und deren Bastarde. Letzterer Autor führt auch Beispiele auf, bei denen sich statt des Blattapparates eine Blüte entwickelte. So war der Blattstiel einer Gurke (*Cucumis sativus*) auf seiner Oberseite mit mehr als 120 männlichen Blüten bedeckt, ohne daß sich ein vegetatives Blatt gezeigt hätte.

Bei solchen Gattungen, deren Blätter überhaupt zu Stecklingen benutzbar sind, sollen die daraus hervorgehenden Pflanzen nach Lindemuths[8]) Beobachtungen durchschnittlich kräftiger werden als die aus Sproßstecklingen. Sobald ein Blatt einige Wurzeln getrieben hat, ist es schon als ein neues Individuum zu betrachten, auch wenn es nicht einen Sproß zu entwickeln imstande ist. Es geht dies aus der größeren Langlebigkeit der Blätter gegenüber unbewurzelten hervor, und Goebel[9]) konnte auch noch ein vermehrtes Dickenwachstum (bei *Bryophyllum*)

---

[1]) Beijerinck, M. W., Over het ontstaan van Knoppen en wortels uit bladen. Nederl. Kruidkund. Archief. Serie 2, III, S. 438—493; vgl. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 17, S. 112.

[2]) Farlow, Bot. Zeit. 1874, S. 180. — Cramer, Geschlechtslose Vermehrung des Farnprothalliums, namentlich durch Gemmen bzw. Konidien. Denkschr. d. Schweiz. Naturforsch. Ges. XXVIII, 1880.

[3]) A. a. O. S. 452.

[4]) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum*. Zürich 1877; vgl. Bot. Jahresber. IV, S. 423.

[5]) Mohl, Über die Cambiumschicht des Stammes der Phanerogamen und ihr Verhältnis zum Dickenwachstum desselben. Bot. Zeit 1858, S. 196.

[6]) A. a. O. S. 1002.

[7]) Caspary, Blütensprosse auf Blättern. Schriften d. phys.-ökonom. Gesellsch. XV (1874), S. 99.

[8]) Lindemuth, H., Weitere Mitteilungen über regenerative Wurzel- und Sproßbildung auf Laubblättern (Blattstecklingen). Gartenflora 1903, S. 619.

[9]) Flora 1903, S. 133.

nachweisen. Daß bei Blattstecklingen an Stelle eines Laubtriebes sogar direkt ein Blütensproß gebildet werden kann, beobachtete auch Lindemuth an einer Begonie.

Statt der Blattstücke bedient man sich in der Praxis bisweilen auch des Blattstiels zu Stecklingen, falls das Blatt selbst zu zart ist. Ein neueres Beispiel ist die Vermehrung der als Winterblüher hochgeschätzten Kulturform von *Begonia semperflorens*, die als Gloire de Lorraine im Handel ist[1]). Es werden hier im Februar die kräftigsten Blätter scharf am Stengel abgelöst und mit dem Stiel 1—2 cm tief in Sand mit Torfmull gesteckt. Bei einer Temperatur von 18—22° C machen diese Blattstiele bis walnußgroße Wurzelballen. Andere Begonien, wie z. B. die *Rex*-Formen, machen zwar auch aus dem Blattstiel Wurzeln, aber wohl kaum jemals kräftige Knospen. Ebenso verhalten sich Blattstiele von Kohl, Sellerie und anderen fleischigen Pflanzen.

Blütenstiele sind bei *Primula Sinensis* mit Erfolg als Stecklinge benutzt worden. Bei derselben Pflanze verwendete Cramer[2]) verlaubte Blüten, bei denen Knospen in der Achsel der Fruchtblätter entstanden waren. Daß auch Früchte selbst als Stecklinge benutzt werden können, zeigt ein Fall, den Baillon beobachtete; hier brachen Wurzeln aus einer Kaktusfrucht hervor[3]). Die Stengelfruchtknoten verschiedener Kakteen können leicht als Stecklinge benutzt werden. Hildebrand[4]) beschreibt eine Frucht von *Opuntia ficus Indica*, aus der eine zweite hervorgesproßt war; beide Früchte entwickelten nach ihrer Ablösung Laubsprosse; dasselbe geschah bei Blütenknospen von *Opuntia Raffinesquiana*. Baillon durchschnitt auch den Fruchtknoten der *Jussieua salicifolia*, welcher ungefähr in der Mitte zwei Blättchen hat, während und nach dem Aufblühen quer über der Basis, so daß man innen die Eichen sehen konnte, und setzte diese Stecklinge in einen Topf. Nach drei Wochen wurden die reichbewurzelten Stecklinge verpflanzt. Im Winkel eines jeden der Fruchtknotenblätter erschien ein kleiner Zweig mit Schuppen. Die oberen Blumenteile starben ab, und es bildete sich eine ringförmige Narbe[5]). Irmisch beschreibt Wurzelbildung an Kotyledonen von *Bunium Creticum* und *Carum bulbocastanum*[6]). Sorauer sah solche bei abgebrochenen Kotyledonen von Bohnen (*Phaseolus vulgaris*). Carrière fand Wurzeln an Früchten von *Lilium lancifolium*. Beinling[7]) sah Blütenstiele von *Echeveria* im feuchten Sande mit Wurzeln versehen.

Es dürfte somit jedes Pflanzenorgan befähigt sein, durch Anlage adventiver Augen Laubsprossen zu entwickeln, vorausgesetzt, daß es erstens Reservestoffe genügend zur Verfügung hat, um längere Zeit hindurch getrennt von der Mutterpflanze leben zu können, und zweitens, daß sich die äußeren Bedingungen günstig erweisen. Weitere Ausführungen mit den Ansichten von Klebs, Goebel und anderen bringt eine Zu-

---

1) Kirst, Vermehrung der Begonie „Gloire de Lorraine". Prakt. Ratgeber im Obst- und Gartenbau 1906, Nr. 5.

2) Bildungsabweichungen, S. 37.

3) Vegetable Teratologie, S. 160.

4) Hildebrand, F., Über Bildung von Laubsprossen aus Blütensprossen von *Opuntia*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1888, VI (1888), S. 109.

5) Bot. Zeit. 1865, S. 527, aus Adansonia t. I, S. 181.

6) Flora 1858, S. 32, 42.

7) Beinling, Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia. Inaug.-Diss. Breslau 1878.

sammenstellung von W. Magnus[1]). Im Dahlemer Botanischen Garten wurden vor Jahren durch Scheppig jun. zahlreiche Versuche mit Blattstecklingen aller möglicher sommer- und wintergrüner Pflanzen gemacht. Die größte Mehrzahl erzeugte Wurzeln, aber keine Knospen. Auffällig war, was auch C. Peters an Gewächshauspflanzen bestätigt fand, daß die bewurzelten Blätter (auch sommergrüne) zum Teil jahrelang am Leben blieben.

Zweigstecklinge.

Über die anatomischen Verhältnisse und die Abhängigkeit der Gewebedifferenzierung von äußeren Faktoren gibt eine Arbeit von Simon[2]) Aufschluß.

Die Schnittfläche eines Zweigstecklings reagiert wie auch die der Blattstecklinge zunächst auf den Wundreiz durch Callusbildung. Die

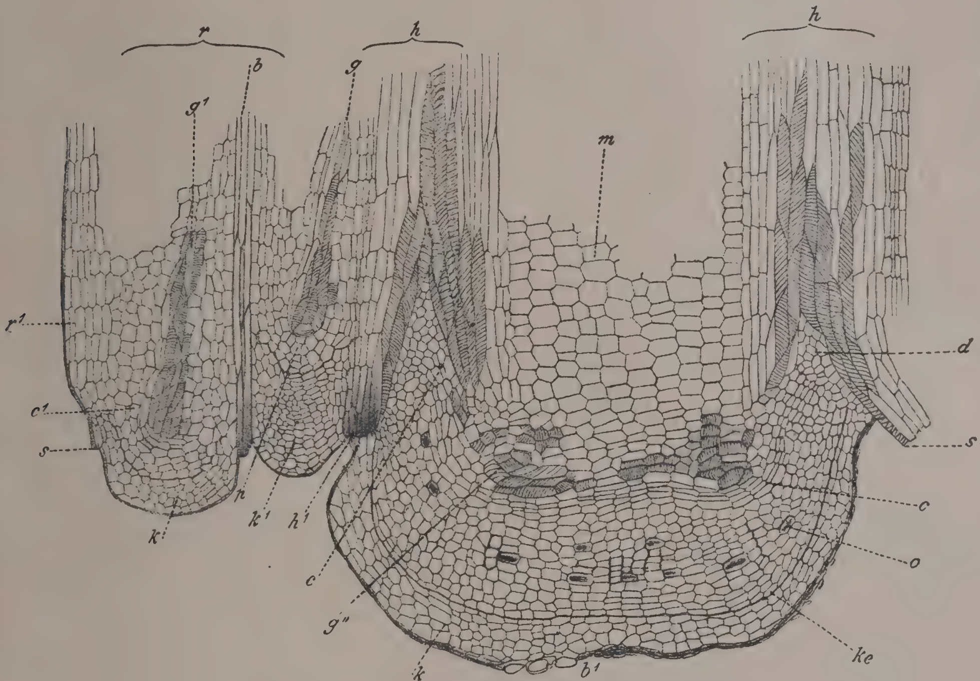


Abb. 239. Fuchsiensteckling. (Orig. Sorauer.)

Umwandlung des Callus zum eigentlichen Überwallungsrande durch Bildung einer peripherischen Korkzone hat sehr viel Ähnlichkeit mit der Bildung der Überwallungsränder an geringelten oder quer abgeschnittenen holzigen Zweigen. Nur macht sich bei den Stecklingen der Einfluß des feuchten Mediums, in welchem die Schnittfläche sich befindet, modifizierend bemerkbar. Auch ist ein Unterschied festzustellen, je nachdem der den Steckling liefernde Zweig sich bereits im verholzten Zustande

---

[1]) Magnus, Werner, Regenerationserscheinungen bei Pflanzen. Naturwissensch. Wochenschrift 1906, Nr. 40.

[2]) Simon, S., Experimentelle Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Callusgewebe von Holzgewächsen. Leipzig 1908.

befindet oder noch krautartig ist. An Stelle weitläufiger Auseinandersetzungen geben wir hier die Abbildungen eines noch krautartigen Fuchsienstecklings und eines bereits verholzten Rosenstecklings.

Die Basalpartie eines Fuchsienstecklings (Abb. 239) ist der Länge nach durchschnitten. *s* bis *s* bedeutet die ursprüngliche Schnittfläche; die unterhalb vortretenden Elemente sind nach dem Abschneiden gebildet, oberhalb *s* bis *s* liegen die ursprünglichen Gewebe des Stecklings, dessen eine Hälfte nur gezeichnet worden ist. *m* ist der Markkörper, *h* der Holzkörper, *r* die Rinde, in welcher die Hartbastzellen *b* verlaufen; diese sowie ein Teil der Holzzellen *h′* sind an der Schnittfläche gebräunt und abgestorben; auch die äußere Rinde *r′* ist in der Gegend der Schnittfläche zusammengetrocknet. Die jüngeren, inneren Rindenschichten dagegen und namentlich der Markkörper haben durch reichliche Zellvermehrung ihre Wundfläche vernarbt. Der äußere Teil dieses Vernarbungsgewebes ist verkorkt, und diese Korkschicht *k* hat eine bedeutende Ausdehnung durch die Tätigkeit des Korkkambiums *k e* erlangt, welche nun für das zartere, innere Rindengewebe den Abschluß bildet. In der Callusrinde sehen wir die quergestreckten Schlauchzellen *o* mit oxalsaurem Kalk in Raphiden; in der Nähe derselben einzelne Zellgruppen mit dickeren Wandungen *b′*, welche den Bastkörper der Gefäßbündel darstellen, die bereits im Callus sich gebildet haben, und deren Holzkörper durch Stränge kurzer, netzartig verdickter Gefäßzellen *g″* angedeutet ist. Diese legen sich an die Gefäße im Holzkörper des Stecklings an, dessen dünnwandige, stärkereiche, an den Markkörper grenzende Holzzellen an der Callusbildung teilgenommen haben. Der alte Holzkörper des Stecklings ist bei dem Schneiden eingerissen. Die Rißstelle *d* ist ausgefüllt mit Callus, und bis in diese Rißstelle hinein läßt sich die Kambiumzone *c* bis *c* verfolgen, die in einem zusammenhängenden Bogen sich durch den Callus hinzieht. Das normale Kambium des Stecklings lag auf der Außenseite des Holzkörpers *h*. Hier ist durch das Abschneiden des Zweiges zum Steckling genau dieselbe Veränderung wie bei dem geringelten Zweige eingetreten. Aus dem Kambium hat sich zunächst gleichmäßiges, parenchymatisches Gewebe *p* gebildet, in welchem allmählich kurze, netzförmig verdickte Gefäßelemente *g* auftreten. Nach der Schnittfläche hin haben sich diese Gewebepartien durch eine starke Korkschicht *k′* abgegrenzt. Aber auch in der äußeren Rinde hat eine Zellvermehrung und in dem neuen Gewebe eine Bildung von kurzen Gefäßzellen *g′* stattgefunden, auf deren Außenseite eine Meristemschicht *c′* erkennbar ist.

In dem vorliegenden Beispiele hat neben dem Kambium der Markkörper den Hauptbildungsherd für den Callus dargestellt.

Ganz untätig dagegen bleibt das Mark in dem folgenden Falle, bei einem Rosenstecklinge, Abb. 240. Auch hier bedeutet *s* bis *s* die Schnittlinie; alles unterhalb dieser Schnittlinie Liegende ist Callusbildung, die in dicken Wülsten aus dem ursprünglichen Kambium hervorgebrochen ist und sich vom Rande her über die Schnittfläche ausbreitet. Wir unterscheiden in dem durch die Abbildung dargestellten Längsschnitt einen radial geschnittenen Wulst *ca′* und einen von der Hinterseite her sich vorwölbenden und daher quergeschnittenen Calluswulst ca^2, dessen Rinde bereits mit dem seitlich herumwölbenden *ca′* verschmolzen ist. So wird bei diesem älteren Rosenstecklinge allerdings auch der Markkörper gedeckt; allein dies geschieht hier durch Verschmelzung der vom

Rande nach der Mitte hin sich vorwölbenden Ränder, während bei dem abgebildeten Fuchsienstecklinge die Hauptcallusmasse vom Marke selbst gebildet wird.

Die Bezeichnung der einzelnen Elemente stimmt im allgemeinen mit der der vorigen Zeichnung. *m* Markkörper, der hier durch den Schnitt eingerissen ist. Der Riß *u'* ist ausgefüllt durch den vom Hinterrande her sich vorwölbenden Callus; *h* ist das alte, vor dem Abschneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Holz; *nh* das während der Stecklingsperiode gebildete Neuholz, das in seinem Charakter genau dem Neuholz des Ringelwulstes bei dem Weinstock entspricht; es beginnt mit kurzen,

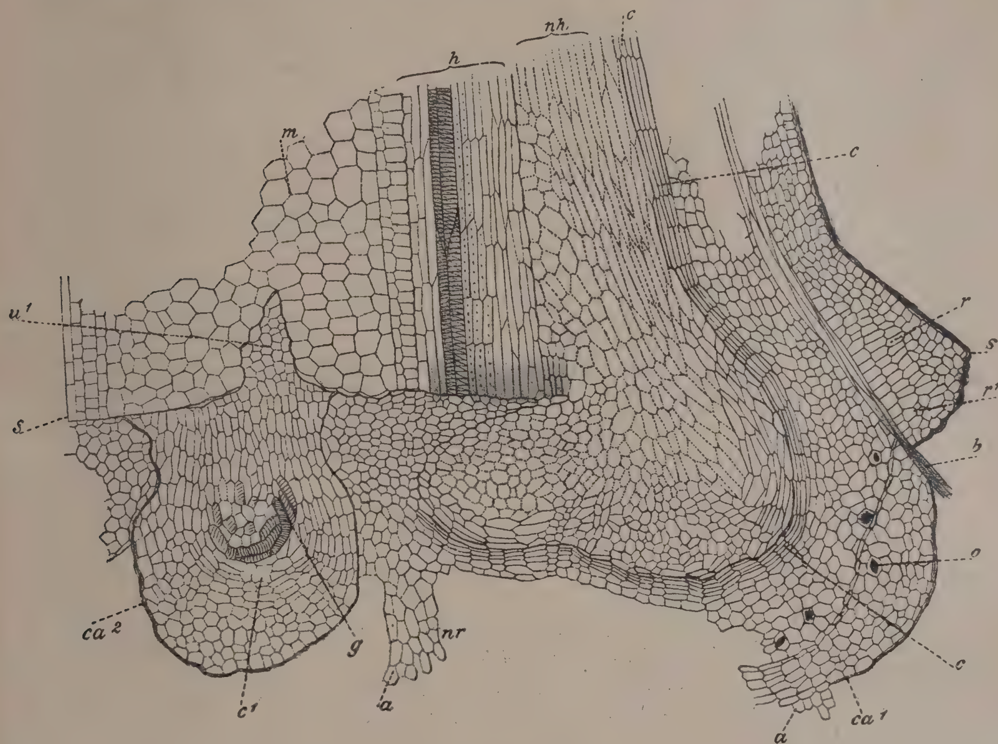


Abb. 240. Rosensteckling. (Orig. Sorauer.)

weiten, porösen, dickwandigen, stärkereichen Zellmassen, in denen ebenso kurze, netzförmige Gefäße auftreten. Diese Elemente werden nach außen hin immer enger und gestreckter, dem normalen Holze immer ähnlicher, je später nach dem Schnitt sie angelegt werden, je näher sie also der Kambiumzone *c*, *c* liegen. Diese Kambiumzone geht im weiten Bogen um die Schnittfläche des alten Holzkörpers herum und ist auf ihrer Außenseite von der neugebildeten Rinde *nr* bekleidet, die in der Zeichnung nicht vollständig wiedergegeben ist. Am äußersten Rande der Rinde bemerken wir noch die jetzt verkorkten und bereits im Absterben begriffenen, zuerst über die Schnittfläche hervorgetretenen weiten, reihenweise geordneten, an den Endgliedern aus abgerundeten, kugeligen bis birnenförmigen Zellen gebildeten Callusanfänge *a*. Diese Zellreihen vermehrten sich

zuerst an der Spitze, indem ihre äußersten Zellen sich vergrößerten, durch eine Querwand sich teilten und die dadurch verkleinerte Endzelle den Prozeß im Heranwachsen wiederholte.

In dem von hinten hervorkommenden, quergeschnittenen Calluswulst ca^2 bedeutet g die kurzen, netzigen Gefäße, welche die Anfänge des neuen Holzkörpers sind; um dieselben zieht sich die Kambiumzone c'. b ist der alte, vor dem Abschneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Baststrang; er ist an der Schnittfläche durch die wuchernde Neuholzbildung weit von dem alten Holze abgedrängt worden und an seinem freien Ende abgestorben. Die zu beiden Seiten dem Hartbast anliegenden Zellen dagegen haben sich, vom Rindendruck durch den Schnitt befreit, quergestreckt r', während sie im normalen Zustande längsgestreckt sind. Der übrige äußere Teil der alten Rinde r hat sich nicht verändert und seinen Wundrand durch Kork abgeschlossen. o rhombische Einzelkristalle und sternförmige Drusen von oxalsaurem Kalk.

Je nach der Pflanzenspezies treten bald aus dem Callus selbst, bald aus der oberhalb desselben belegenen basalen Region des Zweiges oder aus den Stengelgliedern die neuen Wurzeln hervor.

Die Callusbildung selbst, sehen wir, ist also der einfache Vernarbungsprozeß einer Querwunde. Die Ausbildung des Vernarbungsgewebes an der Basis des Stecklings wird von besonders günstigen Umständen begleitet. Die Reservestoffe im Steckling finden außer in der Verheilung des oberen Wundrandes augenblicklich keine andere Verwendung, als bei der Vernarbung der unteren Wundfläche. Wo die dem Steckling gebotenen Vegetationsbedingungen eine schnelle Entwicklung der Augen veranlassen, bleibt bei manchen Arten die Callus- und Wurzelbildung zurück oder schlägt ganz fehl. Zweitens wirken der feuchte Standort und die in der Regel erhöhte Bodentemperatur dahin, daß die Zellvermehrung an der unteren Schnittfläche begünstigt wird, das Vernarbungsgewebe also einen sehr üppigen Charakter annimmt. Unbedingt nötig ist für den Steckling die Callusbildung nicht. Pflanzen, welche sehr leicht Adventivknospen entwickeln (wie z. B. *Salix*, manche *Ribes*-Arten), reduzieren ihr Callusgewebe auf ganz geringe Mengen; sie grenzen ihre Schnittfläche durch Korkbildung ab und verwenden ihre Reservestoffe sofort zur Bildung und Weiterentwicklung neuer Wurzelanlagen; oft läßt die Schnelligkeit der Adventivwurzelbildung dem Callus kaum Zeit zur Entwicklung. Dabei tritt eine reiche Zellvermehrung häufig nur in der der Schnittfläche zunächst liegenden Kambiumzone ein, wodurch die Basis des Stecklings bedeutend anschwillt (*Begonia*). Die Callusbildung kann bei den schwer Adventivwurzeln treibenden Gehölzen sehr schädlich werden, indem sie durch ihre besonders reiche Ausbildung das Material für die Bildung neuer Wurzeln in Beschlag nimmt. Wir sehen dann bisweilen enorme, knorpelige Calluswülste, ohne daß der Steckling Wurzeln macht (Koniferen, Palmen usw.); letztere (z. B. *Phoenix*) kann man oft jahrelang erhalten.

Von der Art und dem Alterszustande des Stecklings und den gebotenen Vegetationsbedingungen hängt es ab, welche Gewebe an der Callusbildung teilnehmen. Stets ist das Kambium dabei beteiligt. Da, wo es nicht ausschließlich den Vernarbungsprozeß übernimmt, wird es von dem Parenchym der Innenrinde oder außerdem von einem Teil oder sämtlichem Parenchym des Markkörpers unterstützt; ferner können selbst

das Parenchym des Holzkörpers und das der älteren Rinde sich beteiligen. Bei krautartigen, schnell wachsenden Pflanzen tritt sogar in dickwandigen Elementen eine Zellvermehrung in der Nähe der Schnittfläche ein durch Thyllenbildung in Gefäßen und durch Neubildung von Querwänden im Kollenchym der älteren Rinde, wobei beobachtet worden ist[1]), daß die verdickten Wandungen der Kollenchymzellen und der Gefäße in der unmittelbaren Nähe der Thyllen sich aufquellend lockern und teilweise resorbiert werden. Geschwind[2]) berichtet, daß die Überwallung der unteren Schnittfläche bei *Fraxinus ornus* drei Vegetationsperioden dauert.

Je mehr lebenskräftiges Parenchym vorhanden, desto schneller und reichlicher ist die Callusbildung. Man schneidet die Stecklinge gern am Knoten, unmittelbar unter einem Auge. Man kann bei einem Querschnitt durch ein Augenkissen sehen, daß hier die Parenchymmasse am meisten entwickelt ist durch Abgang der Markbrücke in die Knospe (vgl. oben S. 596ff. bei Frostwirkungen). Am Knoten ist auch häufig das gesamte Markparenchym noch lebendig und teilungsfähig, während es im übrigen Teile des Zweiggliedes schon abgestorben und teilweise zerrissen ist.

Zu bemerken ist aber, daß sich keine stets gültigen Regeln über die Art der Callusbildung geben lassen. Manchmal machen (namentlich bei krautartigen Pflanzen) die Stecklinge nur sehr geringen oder keinen Callus an der konvex sich vorwölbenden, durch Kork abgeschlossenen Wundfläche, und in einem anderen Falle liefern die Pflanzen bedeutende Callusmassen. Die ganz krautartigen Sommerstecklinge von *Vitis*, namentlich von den amerikanischen Arten, liefern meist geringen Callus, manchmal aber große Massen davon. Ebenso ist es bei Rosenstecklingen, wenn dieselben in krautartig weichem Zustande von abgetriebenen Stöcken im ersten Frühjahr entnommen und in warme Sandbeete gesteckt werden. Im allgemeinen ist die Regel, daß großer Nährstoffvorrat und langsame Verwendung desselben die Neigung zur Calluswucherung erwecken.

Die mit eingehenden Literaturnachweisen versehene Arbeit von J. Hanstein[3]) beschäftigt sich mit geringelten Stecklingen. Er sah, daß solche Stecklinge mit gesondertem Holz- und Rindenkörper, welche in der Nähe ihrer Basis geringelt wurden, über der Ringelblöße Wurzeln entwickelten und nicht an der unteren Schnittfläche. Wurden Stecklinge, welche schon Wurzeln gebildet hatten, geringelt, so hörte die Weiterentwicklung dieser Wurzeln auf, und es erfolgte Neubildung direkt über der Ringelblöße. Eine Ausnahme erleidet diese Regel bei allen denjenigen Pflanzen, welche entwickelte Gefäßbündel oder wenigstens ein entwickeltes Siebröhrensystem auch im Markkörper besitzen. Bei ihnen zeigen sich Wurzeln, trotz der Ringelung, an der unteren Schnittfläche des Stecklings. Unter Bestätigung dieser Ergebnisse ist nur hinzuzufügen, daß man mit reifen oder nahezu ausgereiften Achsen operieren muß, um diese Resultate zu erlangen. Wenn man ganz junge, krautartige Spitzen holziger Pflanzen verwendet, bei denen übrigens das Ringeln sehr schlecht sich

---

[1]) H. Crüger auf Trinidad, Westindische Fragmente, XII. Einiges über die Gewebsveränderungen bei der Fortpflanzung durch Stecklinge bei *Portulaca oleracea*. Bot. Zeit. 1860, S. 371.

[2]) Geschwind, A., Die Blumeneschenkultur im Karst. Zentralbl. f. d. ges. Forstwes. XLIII (1917) S. 91—107.

[3]) Johannes Hanstein, Über die Leitung des Saftes durch die Rinde. Pringsheims Jahrbücher für wissensch. Botanik II (1860), S. 392—467.

sauber ausführen läßt, so entsteht aus der Schnittfläche oder in unmittelbarer Nähe derselben der neue Wurzelapparat, wobei alle Gewebe, mit Ausnahme der alten Prosenchymelemente, sich an der Callusbildung beteiligen. Der Teil über der Ringelblöße vertrocknet dann häufig. Dieselbe Erscheinung läßt sich beobachten, wenn man Stecklinge verkehrt in die Erde steckt. Nur selten wachsen solche Stecklinge an und weiter fort; meist sterben sie, nachdem sie an dem in der Erde befindlichen, organisch oberen Ende Callus und wohl auch Wurzeln gebildet, von oben her bis auf eine kleine Basalpartie ab und entwickeln dann aus dieser neue Triebe.

Die Resultate sind insofern praktisch wichtig, als sie die Wanderung des plastischen Materials, das zu allen Neubildungen notwendig ist, deutlich illustrieren. Wir sehen, daß die Hauptwege für die bildungsfähige Substanz in dem der Rinde eingefügten Siebröhrensystem zu suchen sind. Sind solche Wege auch im Markkörper vorhanden, dann findet in demselben ebenfalls eine Wanderung der plastischen Substanz statt. Neben diesen Hauptwegen gibt es noch für den Fall der Not bedeutungsvoll werdende Nebenwege. Es werden auch die Parenchymzellen der Rinde und des Markes plastische Materialien auf- und abwärts leiten und ebenso, wie wir bei der Neuberindung von Schälwunden wahrnehmen, die Markstrahlzellen in der Achse gelöstes Reservematerial radial transportieren können; allein die Menge, die durch diese Wege wandern kann, ist nur gering und daher unzureichend für nennenswerte Neubildungen. Organisch aufwärts, also nach der Spitze hin wandern, wie aus den bekannten physiologischen Vorgängen hervorgeht, die plastischen Stoffe viel schlechter als organisch abwärts.

Wie wir aus den verkehrt gepflanzten Stecklingen sehen und auch bei absichtlich verkehrt aufgesetzten Veredlungen wahrnehmen können, ist unter günstigen Verhältnissen eine Wanderung des gesamten flüssigen Materials in der Pflanze, sowohl der rohen Bodenlösung als auch der plastischen, organischen Baustoffe nach allen Richtungen hin möglich. Die leichtest passierbaren Wege werden natürlich zuerst benutzt; bei dort eintretenden Hindernissen erlangen die Nebenwege eine erhöhte Bedeutung. Bei Stecklingen kann sich an jeder Wundstelle Callus bilden, und dieser Callus kann chlorophyllführende Achsen und Wurzeln erzeugen. Ob tatsächlich ein solcher Fall eintritt, das hängt von den äußeren Verhältnissen und dem jeder Pflanze innewohnenden, typischen, nur schwer irritierbaren Entwicklungsgesetz ab.

Aus der Verschiedenartigkeit der äußeren Einflüsse erklären sich auch die Widersprüche in den Resultaten der einzelnen Beobachter. So gibt Stoll[1]) an, daß bei *Pogostemon patchouli* ein Callus nicht sichtbar geworden, während Hansen[2]) solchen beobachtete; auch sah ersterer aus dem Callusgewebe keine neuen Vegetationspunkte entstehen, während letzterer dergleichen konstatieren konnte usw.

Für die Vermehrung mancher Gehölze ist es empfehlenswert, die Stecklinge nicht aus ausgereiftem, altem Holze zu machen, sondern aus krautartigen Trieben, die womöglich von Pflanzen entnommen werden, welche im Winter in den Glashäusern angetrieben worden sind; andere Arten wachsen erfahrungsgemäß besser und leichter aus halb-

[1]) Über die Bildung des Callus bei Stecklingen. Bot. Zeit. 1874, Nr. 46 u. 47.

[2]) Ad. Hansen, Über Adventivbildungen. Sitzungsber. d. phys.-med. Sozietät zu Erlangen vom 14. Juni 1880.

reifen (z. B. *Erica*) oder aus verholzten Zweigen (vgl. darüber die gärtnerischen Lehrbücher). Auch bei Pflanzen, welche in der Regel durch Samen gezogen werden, empfiehlt es sich unter Umständen, Stecklinge zu machen. Stecklinge aus den Spitzen kräftiger Zweige von Gurken und Melonen, die im Mistbeet getrieben werden und etwa im Mai schon die ersten Früchte liefern, geben bei Gurken und Melonen um diese Zeit binnen wenigen Tagen bewurzelte Pflanzen von größerer Fruchtbarkeit als die Samenpflanzen. Es hat dies ähnliche Gründe wie die S. 257ff. erwähnte Schwächung des vegetativen Zuwachses durch Verwendung alten Saatgutes.

Es bleibt am Schlusse des Kapitels noch übrig, darauf aufmerksam zu machen, daß die Stecklingsvermehrung zur Festhaltung zufällig entstandener Bildungen oder gar zur Bildung neuer Varietäten Verwendung findet. Viele teratologische und pathologische Zustände, die an einzelnen Teilen einer Pflanze vorübergehend auftreten, werden durch Stecklinge fixiert. Eine Anzahl buntblättriger Pflanzen, Vergrünungen, Monstrositäten, Varietäten mit gefüllten Blumen u. dgl., welche ursprünglich an einzelnen Zweigen einer Pflanze sich gezeigt, sind dauernd durch Stecklinge der Kultur erhalten geblieben. Daß es dabei tatsächlich bis zur Bildung samenbeständiger Abänderungen kommen kann, beweist der oben S. 371 bereits erwähnte Versuch von Wettstein, der einen kleinen zufällig verbänderten Sproß einer sonst nie wieder Verbänderungen zeigenden Pflanze von *Sedum reflexum* zur samenbeständigen Kammform erzog.

Die Jugendzustände bei Koniferen sind durch Stecklinge weiter vermehrt und als neue Formen oder Arten dem Handel übergeben worden. Nach Beißner[1]) muß man z. B., um die nadelblättrige Jugendform (*decussata*, *squarrosa*) aus Stecklingen von *Biota orientalis* dauernd zu erhalten, nur die kleinen Zweigachsen mit kreuzständigen nadelförmigen Blättern, welche sich dicht über den Kotyledonen befinden, benützen. Später gewonnene Zweigchen bleiben stets in der Übergangsform (*meldensis*); bei bereits entwickelten deutlichen Schuppenblättern ergeben die Stecklinge stets wieder die Altersform der *B.* Ebenso wie von *Biota* ergeben die vegetativ vermehrten Jugendformen aller schuppenblättrigen Nadelhölzer (Lebensbäume usw.) sich dauernd erhaltende nadelblättrige Pflanzen. Bei *Chamaecyparis*, *Thuja* usw. sind sie so verschieden, daß man sie früher für eine besondere Gattung (*Retinospora*) hielt. Dadurch, daß man auch die Übergangsformen bis zur Altersform auf demselben Wege fixieren kann, lassen sich bei der gärtnerischen Züchtung aus einem abgeänderten Individuum (Farbenspielart usw.) mehrere „Varietäten" fixieren. Anscheinend haben bei allen Nadelhölzern die Jugendformen abweichende Eigenarten, so sind z. B. die breitbuschige *Picea omorica*, die zerschlitztblättrige *Ginkgo biloba* usw., wohl nur vermehrte Jugendformen. Die Jugendformen der schuppenblättrigen Wacholder sind oft den nadelblättrigen Arten sehr ähnlich.

Bekannt ist die Verschiedenartigkeit der Pflanzen, die man bei Efeu erhält, je nachdem die Stecklinge von einem blütenlosen oder blütentragenden Zweige entnommen werden. Abgesehen von der einfacheren ungelappten Blattform der letzteren, die sich auf Stecklingspflanzen

---

[1]) Beißner, Über Formveränderung von Koniferensämlingen. Regels Gartenflora 1879, S. 172.

überträgt, sehen wir auch den Habitus bei diesen zwergartig und buschig, etwa einem *Rhododendron* ähnlich. Eingehend ist das Thema über die Erhaltung von Jugendformen neuerdings von Diels[1]) (vgl. oben S. 647) behandelt worden.

Wurzelstecklinge.

Oft wenig ausgenützt, obgleich bei vielen Pflanzenarten sehr vorteilhaft, ist die Vermehrung durch Wurzelstecklinge. *Paulownia, Ailantus, Syringa, Aralia, Mespilus, Rosa, Pterocarya, Calycanthus* und viele andere lassen sich dadurch vermehren, daß man vor dem ersten Triebe im Frühling oder vor dem zweiten Triebe im Juli stärkere Wurzeläste ablöst, in etwa 5 cm lange Stücke schneidet und reihenweise flach in den Boden hinlegt. Durch Adventivknospenbildung entstehen an verschiedenen Stellen des Wurzelstückes neue, sich durch eigene Wurzelbildung bald selbständig machende Pflanzen. Von Koniferen werden *Araucaria, Podocarpus* und *Ginkgo* als durch Wurzelstecklinge vorteilhaft vermehrbar angeführt, namentlich wenn sie in ein warmes Beet gesteckt werden. Stärkere Wurzelstöcke vertragen es auch, wenn sie der Länge nach gespalten werden; jede Hälfte entwickelt dann Adventivknospen.

Vielseitige und sorgfältige Versuche verdanken wir Elsie Kupfer[2]). Wir heben daraus zunächst die Versuche mit Wurzelstecklingen von *Cochlearia armoracia* hervor. In den Boden eingelegte Wurzelstücke bildeten neue Triebe aus dem Kambium der oberen und unteren Schnittfläche. Wurden Rinde und Kambium fortgeschnitten, so entwickelten sich nach vorangegangener Callusbildung Sprosse an verschiedenen Stellen in der Nähe der Gefäßbündel, und zwar häufiger am oberen wie am unteren Ende. Die Fähigkeit zur Sproßbildung, die sonst dem Kambium eigen ist, geht also in diesem Falle auf das als Reaktion auf dem Wundreiz neu entstandene Callusgewebe über. — Längsschnitte von Wurzeln der *Pastinaca sativa*, die horizontal in Sand eingelegt wurden, entwickelten an beiden Schnittflächen nahe dem Kambium neue Sprosse. Bei isolierten Rindenstückchen entstanden an der Innenseite Sprosse, an der Außenseite neue Wurzeln. Der isolierte Zentralzylinder bildete nur Wurzeln.

W. Magnus[3]) zeigte neuerdings, daß Schnitte von Mohrrüben unabhängig von ihrer Orientierung nur auf der organischen Unterseite Callus bildeten, auf der Oberseite nur dann, wenn sie mit *Bacterium tumefaciens* infiziert waren.

Augenstecklinge.

Einzelne Arten, besonders Gehölze lassen sich auch durch Auslegen von Augen vermehren (*Vitis, Paeonia arborea*). Die Augen werden im Frühjahr aus dem alten Holze derart ausgeschnitten, als ob man lange Okulationsaugen mit Holz schneiden wollte, und diese Augenstecklinge werden flach auf die Erdoberfläche in Töpfen niedergelegt. Es ist aber erforderlich, daß ein schnelles Wachstum durch Bodenwärme angeregt wird.

---

[1]) Diels, L., Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich. Berlin 1906, Gebr. Bornträger.

[2]) Kupfer, E., Studies in plant regeneration. Dissert. d. Columbia Universität New York, 1907.

[3]) Magnus, W., Wund-Callus und Bakterien-Tumore. Berichte Dt. Bot. Ges. XXXVI (1918), S. 20—29.

Man kann ferner auch von Knollenstecklingen sprechen, da ein Verfahren existiert, die Pflanzen dadurch zu vermehren, daß man aus fleischigen Knollen die Augen mit einer Partie reservestoffhaltigen Knollengewebes ausbohrt (Kartoffeln, Kaladien). Meist bildet das ausgeschnittene Knollenstück an seiner freien Wundfläche auf Kosten der Stärke Kork und behält die übrigen Reservestoffe für die erste Ernährung der Augen, welche durch Entwicklung von Adventivwurzeln sich bald selbständig zu machen suchen. Im Anschluß hieran ist das Zerschneiden der Saatkartoffeln zu besprechen. Die Praxis beobachtet in der Regel die Vorsicht, die Stücke der Knollen nicht gleich nach dem Zerschneiden der Erde zu übergeben. Diese Vorsicht ist ganz gerechtfertigt, da bei dem Legen der frischen Stücke leicht ein Faulen derselben eintritt, sobald besonders auf schwerem Boden nur einigermaßen viel Feuchtigkeit vorhanden ist. Beläßt man die zerschnittenen Stücke dagegen einige Tage an der Luft, so bilden sich unterhalb der Schnittflächen Korklagen aus, welche das Knollenstück schützen.

Während der Zeit des großen Krieges wurden zahlreiche Versuche mit der Vermehrung der Kartoffeln unter möglichster Ausnutzung des Nährstoffmaterials für die Volksernährung angestellt. Die wichtigsten und ergebnisreichsten sind wohl die mit den Gipfelschnitten, wie sie namentlich Brodersen[1]) zahlreich und systematisch angestellt hat. Von jeder Kartoffel wird die die kräftigsten Augen tragende Spitzenseite mit etwa 14 g des Knollengewebes glatt abgeschnitten und der Rest der Kartoffel in der Küche verwertet. Die Schnitte werden, nachdem sie bis zum Frühjahr aufbewahrt werden, wie ganze Kartoffeln gelegt. Die Ernte war keineswegs geringer als bei ganzen Knollen. Es kommt nur darauf an, daß die treibenden Augen kräftig sind. Graebner fand die Angaben bestätigt und fand sogar, daß Knollen der gleichen Ernte und Aufbewahrung wie die Schnitte bis über eine Woche später aus der Erde kamen als die Schnitte; wohl infolge des Wundreizes bei den letzteren. Daß die Knolle bzw. der Schnitt das Reservematerial nur so lange hergeben, bis der oder die Haupttriebe selbständig und bewurzelt sind, beweist die Tatsache, daß die Knollen nicht entleert sind, und daß es Graebner sogar gelang, aus den Schnitten im Herbst nach Entfernung der Stengel in der Glasschale noch kleine bis erbsengroße Knöllchen bzw. schwache Laubtriebe zu erzielen.

Die Wichtigkeit der Korkbildung an der Schnittfläche zeigen die Versuche von Appel[2]), welche die Ergebnisse der Studien von Kny[3]) und Olufsen[4]) ergänzen. Während die letztgenannten beiden Forscher in dem nach kurzer Zeit unterhalb der Schnittfläche sich bildenden Wundperiderm das Hauptschutzmittel der Knolle gegen die Einwanderung von Parasiten erblicken, weist Appel nach, daß sich die Kartoffel schon zu schützen imstande ist, ehe der Wundkork entsteht. Er findet, daß im günstigsten Falle die Peridermbildung erst am dritten Tage nach der

---

[1]) Brodersen, Kartoffelbau-Erfahrungen im 4. Kriegsjahr. Gartenflora 1917, S. 316ff.

[2]) Appel, Otto, Zur Kenntnis des Wundverschlusses bei den Kartoffeln. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, S. 118.

[3]) Kny, L., Über die Bildung des Wundperiderms an Knollen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1899, S. 154.

[4]) Olufsen, Untersuchungen über Wundperidermbildung an Kartoffelknollen. Bot. Centralbl. Beihefte. XV (1903), S. 269.

Verwundung sich einstellt und dann nach zwei weiteren Tagen beendet ist. Für die nachweislich äußerst schnell eindringenden Fäulnisbakterien läge also die Wundstelle so lange schutzlos da, wenn nicht alsbald die Membranen der direkt unter der Wundfläche liegenden unversehrten Zellen an der von der Wundfläche abgewandten Seite verkorkten. Sogar für *Bacillus phytophthorus* erwies sich diese nach 12 Stunden bereits vollendete Korkeinlagerung in einem Teil der Zellwand der ersten und zweiten Zellage unter der Wundfläche als vollständig ausreichend, um die Infektion zu verhindern.

Weniger gut kommt der Verkorkungsprozeß zur Ausbildung, wenn die Knollenstücke sofort trocken und warm (z. B. im Zimmer) aufbewahrt werden. Die äußersten Zellagen der Schnittfläche trocknen dann so schnell zusammen, daß die beiden zur Verkorkung nötigen Faktoren, nämlich Sauerstoff und Feuchtigkeit, nur ungenügend zu den in Betracht kommenden Gewebeschichten Zutritt haben.

In gleicher oder ähnlicher Weise vollzieht sich der Wundschluß bei allen fleischigen Pflanzenteilen [1]).

Sehr instruktiv sind die Versuche mit Kartoffeln von Elsie Kupfer (a. a. O.). Wenn von oberirdischen Trieben eine beliebige Knospe unverletzt gelassen wurde, entwickelte sich diese zu einer oberirdischen Knolle; wurden alle Knospen entfernt, fand nur Wurzelbildung statt. Stückchen von Kartoffelknollen, an denen die Augen nebst dem anstoßenden Knollenparenchym herausgeschnitten waren, bildeten an diesen Schnittflächen neue Augen. Bei Kartoffelblättern zeigte sich am unteren Ende des Blattstiels entweder einfache Wurzelbildung oder eine knollige, stärkehaltige Anschwellung oder beides vereint oder sogar eine regelrechte kleine Knolle mit Augen.

Als Gesamtresultat der zahlreichen Versuche, zu denen auch Blüten- und Fruchtstiele mit Erfolg herangezogen wurden, kann man erkennen, daß für die Regeneration zunächst das Vorhandensein reichen Reservematerials notwendig ist. Rein weiße Sprosse verschiedener Pflanzen bildeten keine Wurzeln. Verdunkelung oder Entzug der Kohlensäure verhinderten die Regeneration.

b. Verwachsungen.

Veredlung, Allgemeines.

Die Veredlung besteht in der künstlichen Ablösung einer oder mehrerer Knospen und deren Einfügung in einen lebenden Pflanzenteil behufs weiterer Ernährung und Ausbildung. Die ineinander gefügten Teile werden meist durch ein Band festgehalten und durch Baumwachs vor den störenden Eingriffen der Atmosphärilien geschützt. Der übertragene Teil kann im allgemeinen als „Edelreis“ bezeichnet werden, während der ernährende Stamm als „Unterlage“ angesprochen wird. Das neu entstehende, teils von der Unterlage, teils vom Edelreis gelieferte Gewebe, welches die Verkittung der beiden künstlich verbundenen Glieder bewirkt, wird „Kittschicht“ oder, nach Göppert, „intermediäres Gewebe“ genannt. Das Edelreis ist entweder ein einziges, mit einem Teil der umgebenden Rinde abgelöstes Auge oder ein Zweigteil mit mehreren Augen. Je nach dem Kulturzweck kann das Edelreis an die Stelle seiner

[1]) Küster, Ernst, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, S. 185ff.

Ablösung oder an eine andere Stelle desselben Individuums oder (was am häufigsten) auf ein anderes Individuum gebracht werden. Im ersteren Falle wird nur die Wirkung der Verwundung allein in Betracht kommen, im letzteren Falle wird auch der Einfluß der im Charakter verschiedenen Unterlage auf das Edelreis zu berücksichtigen sein.

Das Veredeln wird zunächst als Wundheilungsprozeß zu betrachten sein; in zweiter Linie wird der befördernde oder hemmende Einfluß ins Auge gefaßt werden müssen, der aus einer gegenseitigen Einwirkung der beiden künstlich aneinander gefügten Pflanzenteile etwa entspringen könnte.

Unter den diese Punkte eingehend behandelnden Autoren ist zunächst Göppert[1]) zu nennen, der durch anatomische Studien der Frage näher getreten ist. Eine an diese mit Abbildungen versehene Arbeit anknüpfende zum Teil bestätigende, zum Teil berichtigende Notiz hat Sorauer veröffentlicht[2]). Von den früheren Physiologen sind die Angaben von Hanstein[3]), von de Candolle[4]) und von Treviranus[5]) besonders beachtenswert. Eine systematische Bearbeitung aller nur möglichen Variationen des Veredlungsverfahrens lieferte Thouin[6]), der sich auf Duhamel[7]), La Quintinye[8]), Rozier[9]), Cabanis[10]) und die älteren Gartenschriftsteller stützt und durch reiche Literaturangaben das Studium der Geschichte der Veredlungskunst ungemein erleichtert.

Von den 120 verschiedenen Veredlungsformen, die Thouin in seinem Buche beschreibt, mit besonderen Namen belegt und meistens auch abbildet, haben sich nur einige wenige einer allgemeinen Verbreitung zu erfreuen. Alle die jetzt üblichen Arten der Veredlung werden vom pathologischen Standpunkte aus am besten in ihrer Wertigkeit nach dem Grade der Verwundung abgeschätzt werden, den die Unterlage erleidet, und nach der größeren oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher die Wunden geheilt werden können. Unter sonst gleichen Umständen wird der Erfolg der Manipulation um so sicherer sein, je schneller das Gewebe des Edelreises mit dem der Unterlage in feste Verbindung tritt, und da diese Verbindung durch das neu entstehende Vernarbungsgewebe der Wunde hervorgebracht wird, so wird die Schnelligkeit des Wundschlusses den Maßstab für die Verwertbarkeit der Veredlungsart hauptsächlich, wenn auch nicht ausschließlich abgeben können.

Die bei den Veredlungen überhaupt möglichen Verwachsungserscheinungen lassen sich auf die Heilungsvorgänge von drei Wundklassen zurückführen, die Sorauer Schälwunden, Flachwunden und Spaltwunden genannt hat.

Als Schälwunden sind (wie aus den früheren Kapiteln ersichtlich) diejenigen Verletzungen bezeichnet worden, welche in einem vollständigen Entfernen des Rindenkörpers bestehen, so daß der Holzkörper

---

[1]) Göppert, Über innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher. Kassel 1874.

[2]) Sorauer, Vorläufige Notiz über Veredlung. Bot. Zeit. 1875, S. 201.

[3]) Hanstein, Dr. J., Das Reproduktionsvermögen der Pflanzen in bezug auf ihre Vermehrung und Veredlung. Wiegandts Volks- und Gartenkalender 1865, S. 190.

[4]) De Candolle, Physiologie végétale II.

[5]) Treviranus, Physiologie der Gewächse II (1838), S. 647.

[6]) Thouin, Monographie des Pfropfens, übers. von Berg 1824.

[7]) Duhamel, Physique des arbres II (1758), S. 75.

[8]) De la Quintinye, Le parfait jardinier. Paris 1695.

[9]) Rozier, Cours complet d'Agriculture, V, S. 346.

[10]) Cabanis, Principes de la greffe, S. 105.

bloßgelegt wird, ohne daß derselbe aber einen Substanzverlust erleidet. Die Veredlungsarten, bei welchen der Schälprozeß den hauptsächlichsten Teil der Verwundung bildet, gehören zu dem Typus der Okulation (auch des „Pelzens", Pfropfen an die Rinde u. a.). Hier wird zur Zeit größter, kambialer Tätigkeit die Rinde auf eine gewisse Strecke von dem Holzkörper der Unterlage abgehoben und auf die entblößte Holzstelle das Edelreis eingeschoben. Letzteres besteht entweder aus einem einfachen Auge mit einem Rindenschildchen (Okulieren mit Rinde) oder aus einem Auge, das mit etwas Holz aus dem Mutterzweige herausgeschnitten war (Okulieren mit Holz), oder aus einem vollständigen Zweigstücke, das in verschiedener Weise zugeschnitten werden kann und unter die Rinde des Wildlings mit der Schnittfläche auf den Holzzylinder geschoben wird (Rindenpfropfen).

Unter der Bezeichnung „Flachwunde" sind alle diejenigen Verletzungen zusammengefaßt, bei welchen neben gänzlicher Entfernung eines Teiles der Rinde auch vom Holzkörper ein Stück weggenommen wird. Je nachdem die Wundfläche durch einen Längs- oder Querschnitt entstanden, präsentiert sich und verhält sich die Flachwunde verschieden. Wenn ein Span der Länge nach von der Achse abgeschnitten worden ist, liegen die Elemente des Rinden- und Holzkörpers in ihrer Längenausdehnung frei zutage. Es läuft das Regenwasser von dieser Längsflachwunde mit Leichtigkeit ab, wogegen es auf einem Stammquerschnitt in kleinen Mulden meist sich ansammelt und viel leichter die Fäulnis des Holzkörpers einleiten kann. Die horizontale Flachwunde ist immer viel gefährlicher für die Achse als die vertikal verlaufende. An Stelle der Horizontalwunden werden daher im praktischen Betriebe meist Diagonalverwundungen ausgeführt.

Die Veredlungsarten, bei denen die Flachwunden hauptsächlich oder ausschließlich ins Spiel kommen, gehören zum Typus der „Kopulation". Die einfachste Form derselben besteht in dem Aufsetzen eines Edelzweiges von derselben Dicke wie die Unterlage auf deren diagonale, durch das schräge Abschneiden des Gipfels entstandene Schnittfläche. Am nächsten verwandt damit ist das einfache und doppelte Sattelschäften. Man kann auch Edelreis und Wildling durch wirklich longitudinale Flachwunden miteinander verbinden indem der Wildling nur an einer Stelle seitlich angeschnitten wird, ohne seinen Gipfel zu verlieren. Das Edelreis bleibt entweder an seiner Mutterpflanze und wird ebenfalls nur seitlich angeschnitten (Ablaktieren) oder es wird in Form eines abgeschnittenen Zweigstückes, wie bei den anderen Veredlungsarten, durch seitliches Anschneiden passend zum Anlegen an den Wildling gemacht. Damit das Edelreis in seiner seitlichen Lage fester sitze, wird es am unteren Ende kurz keilförmig zugespitzt und mit diesem Ende in eine Spalte am Grunde der Flachwunde des Wildlings eingezwängt. Bei manchen Pflanzen (Kamelien) schneidet man nicht selten das Edelreis überhaupt nur kurz keilförmig und zwängt den Keil in eine seitliche durch einen kurzen, schräg abwärts in das Holz geführten Schnitt entstandene Spalte der Unterlage (Einspitzen). Bei dem Mißlingen der Veredlung ist die Unterlage dann am meisten geschont und kann in kurzer Zeit zu neuer Veredlung benutzt werden.

Diejenige Verletzung, bei welcher der Stamm am meisten leidet, ist die Spaltwunde. Die Veredlungsart mit solchen Wunden ist das Spalt-

pfropfen, das in Deutschland wohl zuerst ausgeübt worden ist, jetzt aber nur noch für einzelne, spezielle Fälle der Verjüngung älterer Stämme in Anwendung gebracht wird. Das Spaltpfropfen besteht in einem Einschieben eines von zwei Seiten keilförmig zugeschnittenen Edelreises in den entweder durch Klüftung oder durch Ausschneiden eines Holzkeiles entstandenen Spalt des querabgeschnittenen Wildlings.

Bei Betrachtung der Heilungsvorgänge, also des Verwachsungsprozesses bei den verschiedenen Veredlungsarten ist zunächst zu unterscheiden, ob eine Veredlung durch krautartige oder mit ausgereiftem, fertigem, starkem Holzkörper versehene Zweige ausgeführt wird. Im ersteren Falle nehmen häufig an der Bildung der „Kittschicht" mehr Gewebe teil als im letzteren Falle, bei welchem es sich vorzugsweise um eine von der Kambiumzone (bisweilen auch noch von der Markkrone) ausgehende Gewebemasse handelt, welche sich in den Zwischenraum zwischen Edelreis und Wildling hineinzwängen oder, bildlich genommen, die Fugen zwischen den beiden aneinanderliegenden Teilen ausgießen muß.

Okulation.

Die interessantesten Verwachsungsvorgänge kommen bei den Okulationen vor. Auf Abb. 241 ist ein Rosenokulant dargestellt, dessen eine Hälfte (von *1* bis *2*) die Wundheilungsvorgänge nach sechs Tagen und die andere Hälfte (von *2* bis *3*) die Gewebebildungen nach ungefähr vier Wochen zeigt. Der vorliegende Querschnitt durch die Veredlungsstelle läßt mit Leichtigkeit bei *w* den Wildling, bei *F* das Edelauge erkennen. Am Wildling ist *hh* das alte Holz des Vorjahres, *sh* das diesjährige, bis zur Okulationszeit gebildete Holz. *Rl* sind die durch den T-Schnitt abgehobenen Rindenlappen, in denen *b* die Hartbastzellen, *t* das abgestorbene Gewebe des Schnittrandes bedeuten soll.

Zur Zeit als die Rindenlappen durch das Einschieben des Auges *E* auseinandergespreizt wurden, war die Pflanze in großer kambialer Tätigkeit; die Abhebung der Rinde erfolgte hier im Splinte derart, daß schon die jüngsten Gefäßanlagen *g* und die davor liegenden Kambiumschichten *c* auf dem Rindenlappen verblieben.

Vielfach hebt sich nur der Rindenkörper ab, ja, unter Umständen bleibt stückweise die ganze kambiale Region mit den jüngsten Rindenzellen auf dem Holzkörper haften. Eine Gesetzmäßigkeit ist nicht erkannt worden. Es scheint, daß stets die augenblicklich zarteste Partie bei dem Abheben der Rinde reißt, und daß die gleichnamigen Gewebe zu derselben Zeit bei denselben Varietäten sich individuell verschieden verhalten, ja, daß selbst die einzelnen Stammseiten eine verschiedene Lösbarkeit der Rinde besitzen. Es sind daher die Heilungsvorgänge bei derselben Art und Varietät, ja selbst an derselben Veredlung in verschiedenen Höhen ungleich.

Schon nach zwölf Stunden läßt sich an den Wundrändern sowohl der Rinde als des Holzkörpers eine Veränderung der peripherischen Zellschichten deutlich erkennen; die Membranen dieser Zellen haben sich entweder nur an der freiliegenden Außenseite oder am ganzen Zellumfange verdickt und gelblich gefärbt; der Zellinhalt ist voluminöser geworden. Ob dies nun durch Quellung, wie bei der Membran, geschehen, oder ob bereits eine Zuwanderung von Material aus dem Innern des Holzkörpers nach der Peripherie hin stattgefunden, läßt sich nicht entscheiden. Die

nächsten Entwicklungsstadien differieren sich jetzt schon je nach der Lebenskräftigkeit der bloßgelegten Zellen. In der Regel sind nicht alle



Abb. 241. Rosenokulant. (Orig. Sorauer.)

Zellen am entblößten Holzkörper mit vermehrungsfähigem Splinte bedeckt. Tritt nun das Splintgewebe nicht in Vermehrung, dann quellen und bräunen sich die Zellmembranen des Wundrandes samt dem Inhalt immer mehr, sinken auch etwas zusammen und bilden einen unregelmäßigen, dicken, gelben Streifen. Diejenigen Zellgruppen, welche sich zur Vermehrung anschicken, bräunen ihre Membranen meist nur sehr schwach und fangen häufig nach sehr kurzer Zeit an, Wundcallus zu bilden. Das zartwandige, allmählich in parallelen Reihen fortwachsende Gewebe *ok* ist das bei den Schälwunden in seinen Wachstumsverhältnissen besprochene Wundgewebe, das beispielsweise bei *Fraxinus* bereits einmal nach zwei Tagen in einer Mächtigkeit von 16 Zellen Höhe beobachtet werden konnte. Verhältnismäßig selten ist die Lagerung des Schälcallus so regelmäßig wie in der Zeichnung. Dadurch, daß einzelne Stellen des Holzkörpers nicht Wundcallus bilden, legen sich die benachbarten Zellreihen fächerartig auseinander und überdecken die untätig bleibenden Stellen. Bei der Schnelligkeit dieser Callusbildung ist ein Decken der Fehlstellen und inniges Verkitten der von verschiedenen Seiten kommenden Elemente sehr natürlich.

Die Rindenlappen gehen durchschnittlich mit der Bildung von Wundcallus weniger schnell vor; auch sind die Produkte der Neubildung verschieden. Zwar wölben sich die plasmareicheren, peripherischen Zellen auch bald nach der Operation etwas hervor (*k*), aber treten nicht immer in Zellvermehrung, oder falls sich eine solche einstellt, ist das Produkt derselben nur Kork, welcher die Wundfläche schützen kann. Meist erst weiter nach dem inneren Winkel zu, an welchem der Rindenlappen auf dem Holzkörper festsitzt, sind die Neubildungen energischer und bis zu reichlichem Wundcallusgewebe gesteigert (*ok*).

Diesen Beobachtungen Sorauers widersprechend, äußert sich Ohmann[1]) betreffs der Callusbildung, die sich zwischen Rindenschildchen und Unterlage befindet, in einer ausführlichen Arbeit: „Es scheint also, daß die Callusbildung nur vom Rindenschildchen aus erfolgen darf. Sorauer gibt über diese Frage an, eine Gesetzmäßigkeit im Abreißen der Rinde lasse sich nicht feststellen. Nach Schmitthenner zerreißt der Stamm im jüngsten Splint. „Ich habe nun eine große Anzahl von Pflanzen aus den verschiedensten Familien auf diese Frage hin untersucht. Es ergab sich, daß das Kambium vollständig auf der Rinde verbleibt. In ganz vereinzelten Fällen bemerkte ich, daß wenige Kambiumzellen am jüngsten Holzkörper hängen geblieben waren. Jedoch habe ich dies so selten beobachtet, daß ich diesem Befunde keine Bedeutung beilege." Hierzu wäre zu bemerken, daß der Verfasser zu einer Zeit okuliert hat, „wo die Kambiumtätigkeit in vollem Gange ist". Für diesen Fall hat der Autor recht; wird aber zu einer späteren Zeit okuliert, dann mehren sich die von Sorauer beobachteten Fälle.

Die schnell gebildeten Wundcallusmassen von Rinde und Holz sowie auch noch vom Edelreise vereinigen sich und bilden in kürzester Zeit einen vorläufigen Schluß der Veredlungswunde. Wir sagen „einen vorläufigen Schluß"; denn tatsächlich bleibt das bisher neu entstandene Gewebe meist nur kurze Zeit. Sobald nämlich das Callusgewebe eine größere Ausdehnung erlangt und einem sich steigernden Drucke aus-

[1]) Ohmann, Über die Art und das Zustandekommen der Verwachsung zweier Pfropfsymbionten. Centralbl. f. Bakteriol. usw., II., XXI (1908).

gesetzt erscheint, bildet sich in ihm in einer größeren Entfernung von der bisweilen durch Korkzellen gefestigten Peripherie eine Meristemzone, deren Ausbildung von der Weite zwischen Wildling und Edelauge abhängig ist. Bei sehr geringer Entfernung sind bisweilen nur wenige seitliche, isolierte Herde kenntlich, bei großen Zwischenräumen und üppiger Ausbildung des Wundcallus kann man dagegen kontinuierliche Zonen entdecken, die manchmal nach schleifenartigem Verlauf eine Verbindung mit der mittlerweile scharf hervortretenden Kambiumzone des älter gewordenen Überwallungsgewebes des Rindenlappens *cc*, *cc* finden.

In dem jungen Wundcallus ist die Meristemzone nicht gezeichnet, weil sie erst später auftritt.

Dieses Callusmeristem liefert in Gemeinschaft mit der Kambiumzone des Rindenlappens *cc* nun zunächst das eigentliche Kittgewebe, bestehend aus Parenchymholz in Form derbwandiger, isodiametrischer oder etwas radial gestreckter, unregelmäßig viereckiger, nicht selten mit etwas verbogenen Wandungen auftretender Zellen (*kg*). Diese stellen die Anfänge eines unter geringem Druck sich bildenden Holzkörpers dar; sie pressen bei ihrer Vermehrung allmählich alles zartwandige, erstgebildete, den Charakter des Rindenparenchyms bewahrende Gewebe (*ok*), das den ersten Wundschluß darstellt, zusammen. Bei schleifenartiger Anlage der Meristemzone entstehen kreisförmige Figuren von Parenchymholz, welche noch braune, tote Zellnester des ursprünglichen Gewebes eingeschlossen haben. Allmählich ist zwischen *1* und *2* das ganze Gewebe *ok* durch Stärke speichernde Zellen vom Charakter *kg* verdrängt.

Das Edelreis nimmt im günstigsten Falle ebenfalls am Wundschluß teil. In der vorliegenden Zeichnung stellt es ein Auge mit Rindenschild, also ohne Holzkörper dar. Der Schnitt *E* ist der Querschnitt nur durch das Rindenschildchen; die dazu gehörige Knospe, welche in der Richtung von *o* gedacht werden muß, liegt oberhalb der Schnittebene, in welcher nur das zum Auge führende, zentrale, große Gefäßbündel *gb* und ein seitliches, kleineres gezeichnet sind. Das in jedem unverletzten Augenkissen vorhandene, die Zweigachse ebenfalls schräg durchsetzende, dritte, kleinere Bündel auf der anderen Seite des Zentralbündels ist bei dem Abheben des Rindenschildchens hier abgeschnitten worden, was für das Anwachsen des Auges unwesentlich ist. Dagegen ist das Fehlen des zentralen Gefäßbündels gleichbedeutend mit dem Fehlschlagen der Veredlung. Das Rindenschildchen mit der schnell vertrocknenden Knospenhülse ohne Gefäßkörper kann anwachsen; es ist aber wohl nicht vorgekommen, daß etwa ein übermäßig üppiges Überwallungsgewebe von Seite des Edelauges Adventivknospen gebildet und auf diese Weise Ersatz für das getötete Auge geschafft hätte. Es findet zwar Adventivknospenbildung bei manchen Veredlungen statt, wie Abb. 242 einer krautartig ausgeführten Rindenpfropfung von *Aesculus rubicunda* auf *Ae. hippocastanum* zeigt, aber diese Knospenbildung ist bisher nur auf üppigen Überwallungsrändern von Wildlingen gesehen worden. Die Rindenlappen *Rl* haben eine derartig starke Neubildung erzeugt, daß sie dadurch flügelartig vom Edelreise abgedrängt worden sind. Auf dem Rande stehen mehrfach Adventivknospen (*a*).

Bei dem Rosenokulanten Abb. 241 hat bereits die ganze Innenfläche des Rindenschildchens *E* neues Wundgewebe produziert, und zwar je nach dem Alter der Mutterzellen bald mehr, bald weniger. Die unter-

halb des Hartbaststranges *b* liegende Kambiumzone des Bündels hat am reichlichsten neue Zellen gebildet, wie der vorspringende Zipfel *z* zeigt. Die Neubildung auf der Innenseite des Schildchens trägt den Charakter des Rindengewebes und ist bereits durch reichliche Kristalle von oxalsaurem Kalk ausgezeichnet, während die Kambiumzone *c*, welche neue Holzelemente zu bilden beginnt, in späteren Stadien der Verwachsung in Verbindung mit der Kambiumzone *cc* des Rindenlappens tritt. Sobald diese Vereinigung stattgefunden, ist am ganzen Stammumfange wieder ein zusammenhängender Kambiumring gebildet, von welchem die Kambiumzone des Edelauges einen integrierenden Bestandteil darstellt. Die Zone *cc* zeigt sich, wenn man sie rückwärts verfolgt, als die unmittelbare Verlängerung des kambialen Ringes bei dem unverletzten Achsenteile.



Abb. 242. Rindenpfröpfling von *Aesculus* mit Adventivknospen. (Orig. Sorauer.)

Wenn der Wundschluß durch Verschmelzung der verschiedenen Wundgewebe und durch Vereinigung von deren Kambiumzonen stattgefunden, ist das dünnwandige Gewebe des Wundcallus *ok* fast verschwunden und durch das eigentliche Kittgewebe, in welchem sich oft Gruppen poröser Zellen von weniger porösen unterscheiden lassen, ersetzt, wie oben bereits gesagt worden ist. Wie der Rindenzipfel *2—3* zeigt, entsteht das Parenchymholz, das die dauernde Verkittung übernimmt, auch direkt, und zwar in den Winkeln, in welchen Rindenlappen und Holzkörper wieder zusammenstoßen, also da, wo der Zeigerstrich von *kg* endet. Wenn man nun sieht, daß der Rindenlappen *3 RL* derart durch das Okuliermesser abgehoben worden ist, daß nicht nur die ganze Kambiumzone, sondern auch noch ganz junge, aber in ihrem Charakter schon bestimmte Splintelemente auf demselben sitzen geblieben sind, so erkennt man daraus, daß dieses Kittgewebe ein Produkt von schon etwas älteren (nicht mehr den jüngstgebildeten) Splintzellen ist. Es geht nicht aus Wundcallus hervor (der sich in den inneren Winkeln nie bildet), sondern aus Teilung der schon zu Holzzellen und Gefäßen veranlagt gewesenen Zellen.

Wir haben also drei verschiedene Faktoren, welche ein gleiches Produkt, nämlich das als Kittgewebe angesprochene Parenchymholz liefern, das die Verbindung von Edelreis und Wildling übernimmt. Der erste Faktor ist der Rindenlappen des Wildlings, der zweite der Schälcallus des entblößten Holzkörpers, der dritte ist das Edelreis.

Welcher von diesen drei Faktoren bei einer anwachsenden Ver-

edlung die Verkittung tatsächlich übernimmt, hängt von der augenblicklichen Kräftigkeit der einzelnen Faktoren ab. Die zu beobachtenden Variationen sind außerordentlich groß. Wesentlich für das Gelingen der Veredlung ist die möglichst schnelle Bildung von Wundcallus, der den vorläufigen Wundschluß übernimmt. Dauernden Halt gewinnt die Veredlung aber erst dann, wenn die Kambiumzone *cc* der Neuholz bildenden Rindenlappen *RL*, die Sorauer gelegentlich „den beweglichen Wundwall" nannte, mit der Kambiumzone *c* des Edelreises in dauernde Verbindung tritt und in zusammenhängender Schicht verbleibende Holzelemente bildet. Der bewegliche Wundwall, der durch seine schneckenförmig an der freien Seite eingebogene Kambiumzone schon den Charakter des gewöhnlichen Überwallungsrandes zeigt, unterscheidet sich von diesem, dem „stehenden Wundwalle", durch die große, zwischengeschobene Zone von Parenchymholz (*kg*), welche dem stehenden Wundwalle abgeht. Die Verschmelzungsstelle der Kambiumzonen von Wildling und Edelreis macht sich nicht nur im Verwachsungsjahre, sondern noch viele Jahre später immer kenntlich durch den Verlauf der Holzelemente. In der Verbindungslinie, welche sich also zwischen *c* und *cc* herstellt, sind die Elemente mehr oder weniger stark tangential gestreckt, während sie im Innern des Wundwalles bereits normale vertikale Lagerung angenommen haben, also durch den Querschnitt auch tatsächlich quer durchschnitten erscheinen (*hh'*) und so dem normalen Holze *hh* gleichen. Wenn durch Herstellung dieses Verbindungsstückes die Kambiumzone *c* des Edelreises mit der des Wildlings *cc* zu einem zusammenhängenden Ringe verbunden ist, sieht man, daß dieser Ring nicht wie am unveredelten Stamme vom Zentrum überall annähernd gleich weit entfernt ist, sondern daß er bei *z* und *cc* eine tiefe Einsenkung, eine S-förmige Biegung zeigt. Schon das bloße Auge erkennt diese gebogene Verbindungslinie, die Demarkationslinie Göpperts, welche auch in der Rindenbekleidung auffällt[1]).

Die Heilungsvorgänge bei der zweiten üblichen Art der Okulation, bei welcher das Edelauge mit einem Stückchen daranhaftenden Holzes von dem Zweige abgeschnitten und in den Wildling eingeschoben wird, sind von den beschriebenen etwas abweichend. Der Nachteil bei dieser Veredlungsmethode mit Holzschildchen ist eine Verlangsamung der Verwachsung; der Vorteil besteht aber in einer größeren Sicherheit der Erhaltung des Edelauges. Bei dem Abplatzen des Rindenschildchens vom Holzkörper zwecks Okulation mit Rinde ohne Holz wird nämlich nicht selten bei zu starker Verholzung des für das Auge bestimmten Gefäßbündelzylinders der eigentliche Knospenkegel auf dem Zweige belassen. Das Auge auf dem Rindenschildchen hat dann auf der Innenseite eine Grube und treibt nicht mehr aus. Ungeübte übersehen dieses Grübchen und okulieren somit nutzlos.

---

[1]) Das Abweichende der Untersuchungen Sorauers von den Arbeiten seiner Vorgänger liegt in dem Nachweis des verschiedenartigen Ursprunges des Kittgewebes oder (nach Göppert) „intermediären Zellgewebes". Dieser Forscher glaubt die Entstehung des Gewebes, das in Gemeinschaft mit dem Kambium die Verwachsung übernimmt, aus den Markstrahlen ableiten zu müssen, während Hanstein das gesamte Kittgewebe für Produktionen des Kambiums allein hält. Tatsächlich können alle noch zu Neubildungen fähigen Elemente an der Bildung des Wundkallus und Kittgewebes sich beteiligen. Bei manchen Bäumen erhält man beispielsweise ausgezeichnete Bilder von Wundcallus, der auch aus dem Markkörper, namentlich der Markkrone hervorgeht (*Tilia*).

Derselbe Heilungsprozeß, der bei dem Okulieren mit Holz eintritt, findet bei dem Pfropfen in die Rinde („Pelzen“) statt. Nur wird hierbei der Wildling mehr beschädigt, indem er zunächst quer abgeschnitten werden muß; dann wird die Rinde an einer Seite aufgespalten und zur Aufnahme des Edelreises wie bei der Okulation etwas abgehoben. An Stelle des einzelnen Auges tritt hier ein mehrknospiger, schräg zugeschnittener Zweig. Die schräg abwärts gehende Schnittfläche desselben bildet einfache Überwallungsränder, also stehende Wundwälle, die mit den beweglichen Wundwällen der Rindenlappen des Wildlings und dem Kittgewebe aus der bloßgelegten Holzfläche desselben verschmelzen. Bei dem Rindenpfropfen hat der Wildling aber mehr Arbeit und weniger vorrätiges, plastisches Material, da auch der vom Edelreise nicht gedeckte Teil des Querschnittes an der Endfläche des Wildlings überwallt werden muß.

Welche Üppigkeit der Verwachsungsvorgang bei dem Rindenpfropfen auf kräftige Wildlinge erlangen kann, mag beistehende, nach der Natur aufgenommene Zeichnung (Abb. 242) einer Veredlung von *Aesculus rubicunda* auf *A. hippocastanum* dartun. Die Neubildungen auf der Innenseite der Rindenlappen *nl* des Wildlings waren wenige Wochen nach der Veredlung so stark, daß sie flügelartig vom Edelreis abstanden und an der Schnittfläche Adventivknospen (*a*) hervorbrachten.

Kopulieren und Pfropfen.

Bei der Kopulation werden das Edelreis am unteren Ende, die womöglich ebenso starke Unterlage am oberen Ende schief abgeschnitten. Die beiden Schnittflächen werden derart aufeinander gepaßt, daß die gleichnamigen Gewebepartien einander decken. Hier haben wir also einfach zwei Flachwunden; dieselben werden an ihrem Umfange Überwallungsränder bilden, die sich zwischen Edelreis und Wildling hineinschieben. Der Verschluß ist bei gut ausgeführter Manipulation und sehr geringem Zwischenraum zwischen den Wundflächen ein so dichter, daß selbst das Mikroskop keine Lücke zwischen dem alten Holze der Schnittflächen und dem eingepreßten Kittgewebe erkennen kann. Göppert findet, daß gerade bei der Kopulation dieses Kittgewebe schon im jugendlichen Zustande bald abstirbt, ohne zu verschwinden, während es nach Okulieren und Pfropfen bei vollständigem Schlusse lange in organischer Tätigkeit verbleibt. Sorauer ist eine solche, vom Veredlungsmodus abhängige Differenz in der Lebensdauer des Kittgewebes nicht aufgefallen. Wohl bemerkt man bei älteren Veredlungen Lücken oder braune, mürbe Massen abgestorbenen Gewebes; es scheint aber, als ob dasselbe bei allen Veredlungsarten ohne Unterschied dann aufträte, wenn der Wundschluß bei sehr dichtem Aufeinanderpassen von Edelreis und Wildling nur durch den erst entstehenden Wundcallus stattgefunden hat, ohne daß sich nachträglich in der Fuge das holzparenchymatische Kittgewebe gebildet hätte. Die Kopulation darf daher wohl den Wert und die allgemeine Verwendbarkeit behalten, welche sie bisher gefunden. Die einfachste Form ist wohl die beste; das sogenannte englische Pfropfen sowie die von Thouin angeführten Methoden (Miller, Küffner, Ferrari usw.) hält Sorauer für unvorteilhafte oder gar schädliche Spielereien.

Als die gefährlichste Operation ist das Spaltpfropfen zu erklären. Im gebräuchlichsten Falle wird der Wildling quer abgeschnitten und ein-

oder mehrfach bis tief in das Holz hinein gespalten. Das Edelreis wird von zwei Seiten keilförmig zugeschnitten und derart in den Spalt eingeklemmt, daß die Kambiumzone desselben das Verbindungsglied zwischen den beiden durch den Spalt getrennten Teilen des Kambiumringes des Wildlings ausmacht. Das keilförmig zugespitzte Edelreis wird, falls es nicht krautartig ist, aus dem stehengebliebenen Teile seines Kambiums allein Wundwälle beiderseits hervortreiben; dasselbe geschieht an den beiden Spalträndern des Wildlings. Die verschmolzenen Kittmassen werden versuchen, den Spaltraum im alten Holze auszufüllen. Durchschnittlich gelingt dies selten vollkommen; von der Querschnittfläche des Wildlings dringt trotz des Baumkittes Feuchtigkeit in die Spaltwunde und veranlaßt leicht Wund- oder Pilzfäulnis.

Der Veredlungsprozeß ist natürlich nicht an die Existenz einer bestimmten Kambiumzone gebunden, sondern wird auch bei Monokotyledonen möglich sein. Beispiele dafür liefert Daniel[1]), der bei Vanille und bei *Philodendron* Pfropfversuche mit Erfolg ausführte.

Es ist am Schluß dieser Betrachtung der Wundheilungsvorgänge noch einmal zu betonen, daß das Urteil über die Wertigkeit der Veredlungsarten sich hier nur auf mindestens ein Jahr alte, mit ausgebildetem Holzkörper versehene Achsen bezieht. Bei Veredlungen krautartiger Triebe von Holzpflanzen oder krautartiger Pflanzen überhaupt kann die Wahl der Veredlungsmethode nach rein praktischen Gesichtspunkten stattfinden. Es nehmen bei der Verwachsung meist so viel Elemente der Schnittflächen (ältere Rinden- und Holzelemente, Markkörper) an der Bildung von Wundcallus teil, daß eine innige Verbindung unter allen dem Pflanzenkörper überhaupt zuträglichen Umständen stattfindet, vorausgesetzt, daß eine genügende Verwandtschaft zwischen Edelreis und Unterlage existiert.

Die Lebensdauer veredelter Individuen.

Ein Einfluß des Veredlungsvorganges auf die Entwicklung des Individuums wird, ganz abgesehen von etwaigen Einwirkungen einzelner Eigenschaften der beiden veredelten Teile aufeinander, nicht abzuleugnen sein. Jedenfalls werden, wie Duhamel bereits hervorhebt, die Gewebeveränderungen an der Veredlungsstelle eine Veränderung in der Leitungsfähigkeit veranlassen. Die Kittschicht wird sowohl in der Partie, in welcher sie aus stärkereichem Parenchymholz besteht, als auch später, wo sie aus gewundenen Prosenchymelementen gebildet ist, eine Verlangsamung der Wasserleitung und eine leichtere Speicherung des abwärts wandernden, plastischen Materials hervorrufen. Die Folgen dieser Veränderungen sind früher bereits besprochen worden.

Die bis jetzt wenig bekannte Grenze, bis zu welcher verschiedene Individuen miteinander zu einem dauernd normal funktionierenden Organismus verbunden werden können, läßt sich ungefähr dahin präzisieren, daß im allgemeinen nur Pflanzen derselben natürlichen Familie mit Aussicht auf Erfolg aufeinander veredelt werden können. Dies würde nach den bisherigen Erfahrungen aber auch die äußerste Grenze darstellen. Es liegen Beispiele in genügender Menge dafür vor, daß oft Gattungen derselben Familie sich nicht dauernd vereinigen lassen, ja Arten

[1]) Daniel, L., Greffe de quelques Monocotyledones sur elles-mêmes. Compt. rend. 1899, II, p. 654.

derselben Gattung können mitunter für einige Jahre verbunden bleiben und lösen sich schließlich doch aus dem Verbande, wobei in der Regel der Tod des einen Teiles eintritt. Es ist wahrscheinlich, daß außer der stofflichen Verwandtschaft namentlich eine gleichartige, biologische Entwicklung der zu vereinigenden Individuen notwendig ist. So wird der verschiedene Eintritt und Abschluß der Vegetationsphasen (Blattbildung, Fruchtansatz usw.) der Individuen sehr maßgebend für die Dauer selbst solcher Veredlungen sein, die anfangs gut miteinander verwachsen. Manchmal halten sich Veredlungen viele Monate hindurch frisch, ohne daß sie miteinander überhaupt fest verwachsen. Bei krautartigen Veredlungen heterogener Arten oder derartiger Organe sieht man, daß manchmal das Edelreis weiter treibt und sich kümmerlich bis zur Blütenbildung entwickelt, schließlich aber abstirbt, ohne daß überhaupt eine Verwachsung eingetreten war. Beide Teile können dabei ihr Bestes getan haben; ihre sämtlichen fortbildungsfähigen Gewebe können Neubildungen produziert, ja stellenweise namhaften Wundcallus hervorgebracht haben, aber es zieht sich zwischen diesen Gewebemassen der beiden Teile ein andersfarbiger Streifen hindurch, der sofort erkennen läßt, zu welchem Individuum das fragliche Gewebe gehört. Der Streifen ist entweder nur durch die gequollene Wandung der äußersten Zellen gebildet oder auch durch Zusammenfallen ganzer Zellen der Wundränder verbreitert. Meist hat sich an der Grenze eine Korkschicht durch Verkorkung der Membran der peripherischen Parenchymzellen oder außerdem noch durch Erscheinen wirklicher Korkzellen eingefunden.

Auch bei Gattungen, welche schließlich tatsächlich miteinander verwachsen, wie z. B. *Iresine* auf *Alternanthera,* findet man an ganzen Strecken der Veredlungsflächen ein Nebeneinanderwachsen der Kittgewebe, von denen jedes durch eine Korkschicht abgeschlossen ist.

Ähnliche Fälle ließen sich bei Wurzelveredlungen (*Bignonia*) nachweisen, und bei Spaltpfröpflingen von *Paeonia arborea* auf fleischige Wurzeln der *Paeonia officinalis* ließ sich beobachten, daß die Wurzelunterlage nur als Aufbewahrungsort für das Edelreis gedient hatte. Letzteres hatte Wurzeln gemacht, ohne irgendwo mit der Unterlage verwachsen zu sein.

Die Wurzelveredlung ist im allgemeinen eine sehr gute Methode. Auch bei unseren Obstbäumen ist sie schon von Sickler zu Ende des vorvorigen Jahrhunderts geübt worden, und später hat namentlich Seigerschmidt in Makó sich sehr empfehlend darüber geäußert[1]). Wurzelstücke von der Dicke eines Federkiels bis zu der eines Daumens erweisen sich, wenn sie mit feinen Wurzeln versehen sind, geeignet; sie werden in 8 bis 12 cm lange Stücke geschnitten, durch Kopulation oder mit Geisfuß veredelt, und die Veredlungsstelle wird mit Erde bedeckt, so daß 2 bis 3 Augen über der Erde bleiben. Alte Kern- und Steinobststämme, welche entfernt werden müssen, geben ein reichliches Material zu Unterlagen. Selbstverständlich müssen die Wurzeln sehr gesund sein. Noch mehr in Aufnahme ist bereits das Verfahren, die Rosen auf Wurzelstücke im Januar oder Februar zu veredeln; auch bei *Clematis* und manchen anderen Holzpflanzen bürgert sich diese Veredlungsweise immer mehr ein.

---

[1]) Wiener Obst- und Gartenzeitung 1876, S. 587.

Daß unter Umständen, die eine mangelhafte Verwachsung bedingen, die Lebensdauer einer Veredlung eine geringe sein wird, ist von vornherein zu vermuten. Ob aber der Veredlungsprozeß an sich die Lebensdauer einschränkt, wie Thouin und Göppert aussprechen, bleibt dahingestellt. Daß veredelte Obstbäume durchschnittlich kurzlebiger sind als wurzelecht weiter wachsende Sämlinge, ist nicht zu leugnen. Man kann auch zugeben, daß ein Absterben der Bäume, wie Göppert beobachtet hat, in der Demarkationslinie durch allmähliche Verrottung der Verbindungsstellen sich einleitet; aber es ist nicht zu glauben, daß dieser Verrottungsprozeß eine reguläre Todes- oder auch nur Krankheitsursache der veredelten Bäume sei. Man sieht im Gegenteil, daß selbst schlecht verwachsene, ja anfangs bloß einseitig zusammengeklebte Kopulanten ganz gesunde dauerhafte Stämme geben können. Die alten Veredlungsstellen haben das festeste Holz: der Sturm dreht die Bäume oft an jeder anderen Stelle wohl leichter ab als gerade an der Veredlungsstelle, nicht allzu selten bricht aber die Veredlungsstelle auch in der Verwachsungslinie durch. Bei alten Stämmen, die später umgepfropft werden, mögen die Beobachtungen Göpperts als Regel gelten.

Gegenseitiger Einfluß von Edelreis und Unterlage.

Betreffs der Einwirkung des Mutterstammes auf das Edelreis liegen seit langer Zeit Erfahrungen der Praktiker vor, daß Äpfel, auf Johannisholz (Paradiesapfel) gesetzt, sehr niedrig bleiben und bisweilen schon in dem auf die Veredlung folgenden Jahre fruktifizieren (Blütendrang!). Auf dem Splittapfel werden die Formen schon größer; die Fruchtbarkeit tritt nach wenigen Jahren ein, während das Edelreis auf einer Unterlage von *Pirus malus* die richtige Baumform erreicht, aber erst nach einer längeren Reihe von Jahren die Fruchtbarkeit erlangt; bei Birnen bilden die Quitte und der feuchten Boden liebende Weißdorn die Zwergunterlage. Für rauhe und trockene Lagen ist von mehreren Seiten *Pirus* (*Malus*) *prunifolia major* neben *P.* (*M.*) *baccata* (*cerasiformis*), dem Kirschapfel als Unterlage für Äpfel empfohlen worden[1]).

Über die Lebensdauer der Stämme äußert sich Lindemuth, daß die auf Johannisapfel gepfropften Sorten ihr Leben selten über 15—20 Jahre bringen, während die auf Sämlingen edler, baumartiger Sorten von *Malus* veredelten Exemplare 150—200 Jahre alt werden können. Von sonstigen Literaturnotizen erwähnen wir noch folgende:

Sauerkirschen auf Süßkirschen gedeihen weniger gut als diese auf jenen[2]). Oberdieck sah Süßkirschen auf Sauerkirschen sehr fruchtbar tragen (Blütendrang infolge mangelhafter Wasserzufuhr!). Betz[3]) berichtet neuerdings, daß auf *Sorbus aucuparia* veredelte Birnen wegen ihres Gerbsäuregehaltes nicht als Tafelobst Verwendung finden können.

Treviranus[4]) zitiert: Nußbäume und Kastanienbäume von den spätausschlagenden Varietäten sollen auf frühtreibenden niemals geraten (nach Cabanis, *Traité de la greffe*); dagegen soll bei Kernobst diese

---

[1]) Lieb, Pyrus Malus prunifolia major. Pomolog. Monatshefte 1879, S. 130.

[2]) Lindemuth, Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landwirtsch. Jahrbücher 1878, Heft 6.

[3]) Betz, C., Birnen auf Sorbus veredeln nicht empfehlenswert. Möllers Dt. Gärtnerzt. XXXVIII. (1923), S. 50f., vgl. Bot. Abstracts XII (1923), S. 939.

[4]) Treviranus, Physiologie der Gewächse II (1838), S. 648ff.

Methode der Veredlung später Sorten auf frühe von gutem Erfolge begleitet sein und eine frühere Reife der Früchte bedingen[1]). Bei Pfirsichen scheint die Veredlung an sich, also sowohl von frühen auf späte Sorten und umgekehrt von gutem Erfolge zu sein. Gauthier teilte der Pariser Société cent. d'Horticulture[2]) mit, daß er Pfirsich im August oder September auf Zapfen (coursonnes) wie auf die Verlängerungstriebe pfropfe, und zwar späte Sorten auf frühe und umgekehrt. Die Früchte sollen dadurch größer werden, daß bei einem Baume, der mit spät reifender Sorte veredelt, die Früchte der Unterlage zuerst geerntet werden können, und daß dann der Baum seine übrige Kraft auf die Ausbildung der Früchte an den Ästen der aufgesetzten späten Sorte verwenden kann. Im umgekehrten Falle einer Veredlung auf späte Sorten werden die ganzen Bäume kräftiger, da späte Varietäten im allgemeinen einen üppigeren Wuchs haben.

Ein älteres Beispiel von Duhamel[3]) ist in dieser Beziehung erwähnenswert. Mandel auf Pflaumen und umgekehrt wachsen zuerst sehr gut an, gehen aber meist nach einem oder einigen Jahren zurück. Die Mandel hat ein viel üppigeres Wachstum, treibt früher im Jahre aus und bildet als Edelreis einen starken Wulst an der Veredlungsstelle. Es ist daher wahrscheinlich, daß ein solches, früher und dauernd mehr Wasser beanspruchendes Edelreis so lange auf einer minder üppigen Unterlage gedeihen wird, als diese imstande ist, aus ihrem gespeicherten Vorrat im Stamm dem jungen Reise zu genügen. Wird der Edelzweig mehrjährig, werden seine Bedürfnisse größer, und kann er sich nicht, was häufig (Zwergstämme von Kernobst) der Unterlage akkomodieren, so geht er aus Nahrungsmangel allmählich zugrunde. Boden, Bewässerung, Sorte variieren die Erfolge sehr wesentlich. Umgekehrt wird eine zu frühe und üppige Unterlage einem mit weniger Ansprüchen auftretenden Edelreise mehr zuführen, als dieses aufnehmen kann. Das überschüssige Material der Unterlage ergeht sich nun in schnellen Neubildungen. Sind viele Knospenherde da, dann macht sich der Überschuß in der Produktion langgliedriger Schosse Luft. Wenn aber, wie bei den Veredlungen, die meisten Seitenzweige und Augen unterdrückt sind, dann bleibt das Material dem Verdickungsringe des Stammes zur Verfügung. Es bilden sich statt der Prosenchymelemente Nester aus Parenchymholz, welche bei den Amygdaleen leicht zu Gummiherden werden, wie Sorauer beobachtete. Von älteren Beobachtern berichtet Duhamel, daß die mit Pflaumenreisern besetzten Mandelunterlagen an den Veredlungsstellen durch Gummosis zugrunde gingen.

Auch bei den ganz allgemein durchgeführten Veredlungen der Birnen auf Quitte und der Äpfel auf Paradiesapfel hat die Erfahrung gelehrt, daß der Tod für schnellwüchsige Edelreiser um so schneller eintritt, je trockener der Boden und je weniger die Wurzeln die Unterlage darin entwickeln. Die Edelreiser verschmachten leichter. Duhamel zitiert auch Fälle, daß bei solchen Mißverhältnissen zwischen Edelreis und Wildling betreffs der Wasseransprüche schon das einfache Verpflanzen den

---

[1]) v. Ehrenfels, Über die Krankheiten und Verletzungen der Frucht- und Gartenbäume. Breslau 1795, S. 108.

[2]) Ortgies, Vorteilhaftes Pfropfen von Pfirsichbäumen. Pomolog. Monatshefte v. Lucas 1879, S. 61.

[3]) Duhamel du Monceau, La physique des arbres 1758, II, S. 89.

Tod durch Verschmachtung zur Folge hatte (Mandel auf Pflaumen, während die in der Schule stehengebliebenen Stämmchen derselben Serie gesund blieben. Das Abschneiden der Wurzeln bei dem Verpflanzen hatte die augenblickliche Fähigkeit der Wasserzufuhr bei der Unterlage zu sehr vermindert. Auch Pfirsich auf Zwetschen sollen keine besonders haltbaren Verbindungen liefern (Pomolog. Monatshefte 1879, S. 370); das Edelreis soll rot gefärbtes Holz erhalten und bald zurückgehen. Bei einem Versuch mit Veredelung von Himbeeren auf *Rosa canina*[1]) durch Kopulation entwickelten sich nach Sorauer auf einem Exemplar zwei Zweige, von denen der eine vier normale Himbeeren trug. Im Herbst aber starb das Edelreis ab, und bei der Untersuchung fand sich, daß die Verwachsung



Abb. 243. *Tilia tomentosa* auf *T. vulgaris* (*T. intermedia*) veredelt, auf dem Ohlsdorfer Friedhof bei Hamburg. (Orig. Teuscher.)

sehr mangelhaft gewesen war. Am oberen Teile des Kopulationsschnittes hatte nur der Wildling Vernarbungsgewebe geliefert; dagegen war am unteren Teile sowohl von *Rosa* als auch von *Rubus* reichlich Wundcallus gebildet worden, der die normalen Verwachsungsvorgänge zeigte.

Nicht selten sieht man in unseren Anlagen Bäume, die unter der Veredlungsstelle viel dünner oder viel dicker sind als der obere Teil des Stammes, so besonders bei Linden (z. B. *Tilia tomentosa* auf *T. vulgaris*) oder Roßkastanien (*Aesculus rubicunda* auf *Ae. hippocastanum*). Im ersteren Falle, der auf Abb. 243 dargestellt ist, ist die Veredlung stärker wüchsig, im zweiten Falle umgekehrt. Meist oder doch sehr häufig wird besonders bei dem stärkeren Edelreis der Fall des allmählichen Verhungerns

[1]) Sorauer, P., Rubus auf Rosa. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1898, S. 227.

eintreten. Daß sich dabei schon frühzeitig Störungen bemerkbar machen, wurde schon oben bemerkt, daß sich z. B. auf der auf *T. vulgaris* veredelten, sonst gegen das Tier widerstandsfähigen *T. tomentosa* die rote Spinnmilbe *Tetranychus telarius* in den Straßenpflanzungen breitmacht.

Die immergrüne Belaubung scheint kein Hindernis für das Anwachsen auf laubabwerfenden Unterlagen zu sein. Reiser von *Prunus laurocerasus* auf *Pr. padus*, von *Quercus ilex* und *Q. suber* auf *Q. sessiliflora*, von *Cedrus Libani* auf *Larix Europaea* sollen gedeihen, während über ein Gedeihen laubabwerfender Gehölze auf immergrünen noch nichts berichtet wird. Thouin[1]) widerspricht ersterer Behauptung.

Von den bemerkenswerten Ergebnissen der Duhamelschen Versuche sei hier erwähnt, daß z. B. die Frucht der Winterchristbirne auf Quitte ein zarteres, saftreicheres Fleisch und eine feinere, intensiver gefärbte Schale erhielt gegenüber den auf Wildling veredelten Reisern. Leclerc du Sablon[2]) beobachtete, daß Birnen auf Birnen gepfropft weniger Reservestoffe in den oberirdischen Teilen speichern als auf Quittenunterlage, deren Wurzeln aber ärmer an Reservematerial würden. Letzterer Umstand wird neben dem Blütendrang die größere Fruchtbarkeit bei Veredlung auf Quitte erklären.

Es ist merkwürdig, daß bei einer so innigen Verbindung, die Birne und Apfel mit entfernter stehenden Unterlagen eingehen, sie gegenseitig nicht oder doch selten zu dauernder Vereinigung untereinander zu bringen sind. Es liegen in dieser Beziehung schon ziemlich zahlreiche Versuche vor. So berichtet Knight[3]) von einem Apfel auf Birne, der ein Jahr lang eine reiche Ernte brachte, aber im Winter darauf einging. Die Früchte sollen auch ein schwarzes Kerngehäuse ohne einen einzigen Samen besessen haben. Von den späteren Beobachtern wird die Tatsache im allgemeinen bestätigt, aber hervorgehoben, daß günstige Ausnahmefälle vorkommen. So berichtet Stoll[4]), daß Apfelreiser auf Birnen ganz gut angehen, auch sehr bald tragen, aber kleine Früchte bringen und meist im vierten Jahre absterben. Seifert in Segeberg (Holstein) beschreibt eine fünfjährige Apfelveredlung auf Birne als Unterlage, welche im vierten Jahre sechs gut ausgebildete Äpfel getragen hat (Ribston-Pepping). Die Früchte waren von gutem Geschmack, aber die Krone sehr schwachwüchsig. Von Birnenveredlungen auf Äpfeln sind mehrere günstige Resultate bekanntgeworden. In Czerwentzitz bei Ratibor fanden sich viele Exemplare von Birnen, welche auf Äpfeln veredelt waren. Das Verfahren war seit zehn Jahren in Anwendung. Bei dem ersten Versuche (Geißhirtenbirne auf Apfel) zeigte sich, daß die Früchte vom zweiten Jahre der Veredlung an auf der Apfelunterlage um vierzehn Tage früher reiften als auf dem eigenen Mutterstamm. Das Edelreis hielt sich acht Jahre. Schwächere Unterlagen lieferten kein gutes Resultat; die meisten Sorten gingen zwar an, wuchsen aber nicht von der Stelle. Bei Wiederholung derselben Veredlung in mittlere Kronenäste gingen eine Anzahl Exemplare nach zwei bis drei Jahren ein. Die übrigen lebten noch einige

---

[1]) Thouin, Monographie des Pfropfens. Deutsch von Berg 1824, S. 114.

[2]) Leclerc du Sablon, Sur l'influence du sujet sur le greffon. Compt. rend. 1903, CXXXV, S. 623.

[3]) Hort. Transact. II, S. 201.

[4]) Stoll, Das Veredeln von Birnen auf Äpfeln. Wiener Obst- und Gartenzeit. 1876, S. 10.

Zeit kümmerlich weiter, ohne Früchte zu bringen. Aus derselben Zeit stammt eine Notiz[1]) von Gillemot, der selbst zweijährige Birnenveredlungen auf Apfelunterlage besaß. Ferner wurden bei ihm Kirschenreiser (Kgl. Amarelle) auf eine Pflaume (*Prunus insititia*) in die Rinde gepfropft. Die Reiser entwickelten sehr lange Triebe und im zweiten Jahre auch verhältnismäßig viele und schöne Früchte, starben aber nach dem Fruchttragen sämtlich ab. Graebner okulierte Rose auf Apfel; das Auge verwuchs anscheinend, trieb aber nicht aus und starb während des Winters ab.

Bis in die neueste Zeit hinein sind derartige Versuche von verschiedenen Seiten wiederholt worden; es haben sich jedoch bis jetzt keine weiteren empfehlenswerten Resultate ergeben als die, welche seit langer Zeit betreffs der Verwendung der Zwergunterlagen bekannt sind. In einigen Fällen hat sich herausgestellt, daß die Art der Veredlung ausschlaggebend für das Gelingen derselben ist. So berichtet beispielsweise Carrière[2]), daß die Birnenvarietäten Bon chrétien Rans, Doyenne de Juillet, Beurré Giffard, Beurré Box nicht verwachsen oder nach Produktion schwächlicher Triebe bald zugrunde gehen, wenn sie auf Quitte okuliert würden (greffé en écusson); dagegen ist der Erfolg ganz wesentlich günstiger, wenn man in den Spalt pfropft und namentlich als Edelreis eine Zweigspitze benutzt. Die Fruchtbarkeit ist ungemein groß. So soll auch *Ligustrum ovalifolium* als Unterlage für die einzelnen Arten des Flieders sich verschieden verhalten. Nur *Syringa josikaea* soll als Okulant (greffé en écusson) fortkommen, während *S. Emodi*, *S. Persica* u. a. nur durch Pfropfen in den Spalt (greffé en fente) sich gut entwickeln.

Die Neuzeit hat dieser Frage eine besondere Aufmerksamkeit bei der Weinveredlung im Kampfe gegen die Reblaus zugewendet. Die Zahl der darüber erschienenen Arbeiten ist ungemein groß, so daß wir nur auf einige hervorragende aufmerksam machen können. Zunächst stellte Couderc[3]) durch eine Umfrage bei etwa 450 französischen Weinbauern fest, daß durch das Pfropfen selbst die Resistenzfähigkeit einer amerikanischen Unterlage gegenüber den Reblausangriffen gewöhnlich etwas herabgedrückt werde; aber auch die verschiedenen als Edelreis gebrauchten Sorten üben einen verschieden starken Einfluß aus.

Doch kommen auch Fälle vor, in denen ein sehr zusagendes Edelreis die Resistenzfähigkeit erhöhen kann. Daß die Unterlage das Wachstum des Edelreises und namentlich auch seine Fruchtbarkeit beeinflußt, hebt u. a. Ravaz[4]) besonders hervor. Präzise Zahlen über die Änderung der Trauben durch den Einfluß der Unterlage verdanken wir Hotter[5]). Derselbe untersuchte verschiedene Traubensorten, welche sowohl von den auf *V. riparia* veredelten als auch von wurzelechten Rebstöcken derselben Sorte stammten. Von neun Traubensorten waren 77% der Moste bei den veredelten Stöcken säurereicher als die der unveredelten Stöcke,

---

[1]) Gillemot, Beitrag zur Veredlung verschiedenartiger Gewächse aufeinander. Wiener Obst- u. Gartenzeit. 1876, S. 121.

[2]) Carrière, Quelques observations à propos de la greffe. Revue hort. 1876, II, p. 208.

[3]) Aus dem Weinbau-Kongreß vom 16. bis 19. August 1894 in Lyon; ref. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1895, S. 118.

[4]) Ravaz, L., Choix des porte-greffes. Revue de viticulture 1895, Nr. 100, 105, 106.

[5]) Hotter, E., Der Einfluß der amerikanischen Unterlagsreben auf die Qualität des Weines; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1905, S. 625.

von denen 65% mehr Zucker als die auf Amerikanerunterlage besaßen. Diese Angaben stehen allerdings in Widerspruch mit denen von Curtel[1]), der die Früchte der gepfropften Reben größer, ihre Schale dünner und die Samen weniger zahlreich, aber dicker fand. Der Saft war reicher an Zucker wie an Säure, ärmer an Aschenbestandteilen, besonders Phosphaten, reicher an stickstoffhaltigen Bestandteilen, ärmer an Gerbstoff. Wir haben absichtlich beide Beobachtungen angeführt, um zu zeigen, wie verschiedenartig die Unterlage wirken kann. Weitere Erfahrungen finden wir in den Denkschriften des Kaiserlichen Gesundheitsamtes zu Berlin. So bestätigt beispielsweise die fünfundzwanzigste Denkschrift die bereits erwähnte Beobachtung, daß die amerikanische Rebe selbstredend an Widerstandskraft gegen die Reblaus, Gelbsucht u. a. verliert, wenn sie gepfropft wird[2]).

Betreffs des technischen Verfahrens, das bei der Weinveredlung zur Anwendung gelangt, folgen wir den Angaben von Schmitthenner[3]), der hervorhebt, daß zur Zeit der sogenannte Englische Zungenschnitt fast allgemeine Verwendung findet. Es ist dies eine Form der Kopulation, bei der der Diagonalschnitt nur geringe Länge hat, dafür aber die Schnittfläche von Edelreis und Wildling noch einen axilen Einschnitt erhalten. Nun schiebt man das Reis mit einem Spaltteil in den Spalt der Unterlage, so daß Reis und Unterlage mit Gegenzungen ineinandergreifen. Der anatomische Befund zeigt, daß bei der Rebenveredlung mehr als bei jeder anderen die Tätigkeit des Kambiums herabgedrückt wird; der nach der Veredlung entstehende Jahresring ist viel schwächer als der normale. Der Einfluß der Wunde ist viel bedeutsamer als bei der Veredlung anderer Gehölze und erstreckt sich bis zum nächsten Knoten, indem sämtliche Gefäße mit verkorkten Thyllen ausgefüllt sind, welche Wundgummi enthalten.

Schon früher hatte Tompa[4]) über das Veredeln der Reben im krautartigen Zustande eingehende anatomische Daten geliefert. Übrigens wird die Weinveredlung erst dann zur vollen praktischen Wirksamkeit gelangen, wenn man als Unterlagen nicht die amerikanischen Arten, sondern deren Hibriden benutzt, die den einzelnen Örtlichkeiten angepaßt sind[5]).

Seit dem vorigen Jahrhundert ist man der **Pfropfbastardbildung**[6]) näher getreten. Das bekannteste Beispiel ist *Cytisus Adami*, der aus einer Veredlung von *Cytisus purpureus* auf *Laburnum vulgare* hervorgegangen und zeitweise nun seit 1826 in einzelnen Zweigen bald die Blüten der einen oder anderen Stammart produziert. Nach A. Braun[7]) soll sich der Rückschlag zuerst 16 Jahre nach der Veredlung gezeigt haben.

---

[1]) Curtel, G., De l'influence de la greffe sur la composition du raisin. Compt. rend. CXXXIX (1904), p. 491.

[2]) Fünfundzwanzigste Denkschrift betreffend die Bekämpfung der Reblauskrankheit. Bearbeitet im Kaiserl. Gesundheitsamte bis 1. Oktober 1903.

[3]) Schmitthenner, F., Verwachsungserscheinungen an Ampelopsis- und Vitis-Veredlungen. Internat. phytopath. Dienst 1908, Nr. I.

[4]) Tompa, A., Soudure de la greffe herbacée de la vigne. Annal. Instit. ampélologique hongrois. 1900, 1, Nr. 1.

[5]) Teleki, Andor, Die Rekonstruktion der Weingärten usw. 2. Aufl., Wien und Leipzig, Hartlebens Verlag, 1907.

[6]) Himmelbaur, W., Der gegenwärtige Stand der Pfropfhibridenfrage. Sammelreferat. Mitt. N. V. Univ. Wien 1910. Vgl. auch bes. die Arbeiten von Hans Winkler-Hamburg.

[7]) Bot. Jahresber. 1873, S. 537.

Laubert[1]) hielt diese Rückschlagsbildung für eine Knospenvariation, bei der die den *Cytisus purpureus* repräsentierende Zweigform auch in anatomischer Hinsicht ganz der echten Spezies gleicht. Beijerinck[2]) findet, daß diese Knospenvariation sich häufig durch Wundreiz erwecken läßt.

Ein anderes Beispiel wurde 1875 veröffentlicht[3]). In einem Weinhause in England wurde ein Stock, der mit Black Alicante bereits veredelt worden, nach längerer Zeit noch einmal mit drei Sorten auf den Black Alicante veredelt. Eine dieser drei Sorten wurde später samt einem kleinen Stücke der Unterlage fortgeschnitten. Darauf zeigte ein mitten in dem Aste der zweiten aufgesetzten Sorte (Trebbiano) stehender Sproß einen Sporn mit Trauben, welche gänzlich der fortgeschnittenen Sorte (Golden Champion) glichen. Unterhalb und oberhalb des abnormen Spornes trug die Trebbianorebe wieder ihre charakteristischen Früchte. Es bleibt somit keine andere Annahme übrig, als daß die weggeschnittene Championsorte nach rückwärts hin einen Einfluß auf die Unterlage (Black Alicante) und durch diese auf die seitlich veredelte Trebbianosorte ausgeübt hat.

Ein anderer, sonderbarer, älterer Fall ist durch Lackner[4]) bekanntgeworden. Im Garten Palavicini bei Genua sah Lackner unter dem Namen Maravilla di Spana eine Orange (Bigaradia bizarro), die auf der Oberfläche zum Teil wulstige Streifen zeigte und auch dementsprechend im Innern teils einer Zitrone, teils einer Apfelsine und Cetrade glich. Diese Form ist nachweislich um 1640 entstanden, wo ein Gärtner in Florenz einen Wildling veredelte, ohne daß das Edelreis anwuchs. Unmittelbar unter der Veredlungsstelle entstand aber ein Zweig, welcher diese höchst merkwürdigen Früchte brachte. Die Blumen sind ebenfalls verschieden; einige erscheinen weiß, andere rot.

Im Jahre 1873 veröffentlichte die Revue horticole einen Fall, in welchem ein Herr Zen durch Veredlung neue Rosenvarietäten gezüchtet habe. Die Varietäten blieben konstant.

Focke[5]) erwähnt eine weiße Moosrose, die auf eine rote Zentifolie gepfropft worden war. Ein solcher Stock entwickelte aus der Basis Triebe, die teils weiße Moosrosen, teils Zentifolien und auch Moosrosen mit zum Teil rot gefärbten Petalen trugen. Außer bei den hier besprochenen Rosen werden noch *Pirus*, *Begonia*, *Oxyria* und *Abies* als Genera genannt, bei denen Pfropfmischlinge vorgekommen sein sollen.

Eine Rückwirkung des Edelreises auf die Unterlage sieht Daniel in einem Falle, in welchem alte, auf Quitte veredelte Birnen 2 m über dem Erdboden abgesägt worden waren. Aus den gänzlich entasteten Stumpfen entwickelten sich teils Zweige mit normalen Quittenblättern, teils solche mit Mischformen zwischen Quitte und Birne[6]). Derselbe

---

[1]) Laubert, R. Anatomische und morphologische Studien am Bastard *Laburnum Adami* Poir. Bot. Centralbl. Beihefte X, Heft 3.

[2]) Beijerinck, M. W., Beobachtungen über die Entstehung von *Cytisus purpureus* aus *Cytisus Adami*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1908, Heft 2, S. 137.

[3]) Grieve, Culford, Bury St. Edmunds, Singular Sport of a Grape Vine. Gard. Chron. 1875, 1, S. 21.

[4]) Lackner, Einfluß des Edelreises auf die Unterlage bei Orangen. Monatsschrift d. Ver. z. Bef. des Gartenbaues v. Wittmack 1878, S. 54.

[5]) Focke, Die Pflanzen-Mischlinge. Ein Beitrag zur Biologie der Gewächse. Bot. Centralbl. 1880, S. 1428.

[6]) Daniel, L., Un nouvel hybride de la greffe. Compt. rend. 1903, t. XXXVII.

Autor beschreibt in Gemeinschaft mit Jurie ähnliche Beispiele an gepfropften Reben, von denen Ravaz[1]) aber nachweist, daß derartige Variationen auch an nicht gepfropften Reben auftreten. Solche Fälle von Verwechslung kommen mehrfach vor; man ist sehr leicht geneigt, Formenunterschiede auf den speziellen Einfluß der Veredlung zurückzuführen, die in der Tat nur Variationen an üppigen Zweigen sind, wie solche nach starkem Zurückschneiden älterer Achsen sich geltend machen. Wir erinnern nur an die mannigfachen Blattformen des Stockausschlags bei *Morus, Populus* u. a. nach dem Absägen der Stämme.

Die meisten Irrtümer kommen bei den Pfropfversuchen mit krautartigen Pflanzen vor. Auch hier haben wir Versuche von Daniel[2]), der Kohlrüben auf *Alliaria* und diese auf Grünkohl pfropfte und bei den aus den Samen der gepfropften Exemplare entstandenen Pflanzen morphologische und anatomische Unterschiede gefunden haben will. Hierher gehören auch die Kartoffelpfropfversuche und die Veredlungen von *Solanum lycopersicum* auf Kartoffeln. Es liegen gerade betreffs der Veredlung verschiedener Solaneen aufeinander äußerst zahlreiche Versuche vor. Eingehende Arbeiten verdanken wir Lindemuth[3]) (vgl. unten bei Weißblättrigkeit). Molisch[4]) hatte frühere Versuche nachgeprüft und kam in Übereinstimmung mit Strasburger und Vöchting zu dem Resultat, daß eine Entstehung von Pfropfhibriden zwar theoretisch wohl erklärlich wäre, aber tatsächlich nicht genügend nachgewiesen sei, da er und die genannten Beobachter gefunden hätten, daß Reis und Unterlage stets ihre Natur in morphologischer Hinsicht beibehielten.

Alle Versuche und Beobachtungen bei Veredlungen ergaben, daß eine Vermischung der Zellen bzw. der Zellinhalte nicht stattfindet, sondern daß jede Zelle zur einen oder anderen Hälfte des Kopulanten gehört. Auch für die Pfropfbastarde ist dies in neuerer Zeit einwandfrei nachgewiesen. Bei dem erwähnten *Laburnum Adami* wird gewissermaßen das Gerüst und damit die Tracht durch *Laburnum vulgare* geliefert, nur die Oberhaut, gewissermaßen wie ein Handschuh darübergezogen ist *Cytisus purpureus.* Am plausibelsten für die Entstehung ist wohl die von E. Baur nach seinen zahlreichen Versuchen gegebene, daß ein Pfropfbastard dann zustande kommt, wenn an einer Veredlungsstelle eine Adventivknospe so entsteht, daß das eigentliche knospenbildende Meristem dort von einer oder mehreren lebenden Zellschichten des anderen Komponenten überdeckt wird. Damit würde auch der Fall des *Laburnum* seine Erklärung finden, und die häufigen Rückschläge einiger Äste zu gelbem *Laburnum* würden das Fehlen des Überzuges von *Cytisus* an den Stellen anzeigen. Es würde also nicht ein Ineinandergreifen der Zellgruppen, wie es z. B. Ascherson und Graebner[5]) bei den Pfropfbastardformen *Crataega-Mespilus* annahmen, sondern ein Übereinandergreifen der Zellen beider Komponenten anzunehmen sein. Bei *Crataega-Mespilus* steht bekanntlich die Form *Dardari* der *Mespilus Germanica* näher, während

[1]) Ravaz, L., Sur les variations de la vigne greffée; réponse à M. L. Daniel. Montpellier 1904.

[2]) Daniel, L., Création des variétés nouvelles au moyen de la greffe. Compt. rend. 1894, I, p. 992.

[3]) Lindemuth, H., Kitaibelia vitifolia Willd. mit goldgelb marmorierten Blättern. Gartenflora 1899, S. 431. — Über Veredlungsversuche mit Malvaceen. Ibid. 1901, Nr. 1.

[4]) Molisch, H., Über Pfropfungen. Lotos 1896; vgl. Bot. Jahresber. 1897, I, S. 155.

[5]) Ascherson-Graebner, Synopsis der Mitteleurop. Flora VI, 2, S. 46.

Asnieresi sich der *Crataegus monogyna* nähert, beide sind an der gleichen Veredlung entstanden. Über die zahlreichen in der letzten Zeit von A. Winkler, E. Baur u. a. gezüchteten Chimären, die teils zu einer, teils zu einer anderen Art oder Sorte gehören, besteht eine umfangreiche Literatur.

Die natürlichen Verwachsungsprozesse.

Am häufigsten treten uns in Hecken die Verschmelzungen zweier Äste entgegen, die von den verschiedensten Richtungen her aufeinander zugewachsen sein können. Dasselbe läßt sich in dichten Baumbeständen an Wurzeln beobachten.



Abb. 244. Kiefer aus dem Eliguther Forste, bei der ein Stamm einen zweiten, durch natürliche Ablaktation verbundenen, wurzellosen Stamm dauernd mit ernährt. (Orig. Sorauer.)

Die Wurzelverwachsungen können in jugendlichem Alter der Organe stattfinden, in welchem die Epidermis noch teilungsfähig ist. Nach Franke[1]) zeigt sich dieser Vorgang bei dem Efeu (*Hedera helix*) und der Wachsblume (*Hoya carnosa*), bei denen die Epidermiszellen zweier benachbarter Wurzeln papillenartig aufeinander zu wachsen und verschmelzen, sodann sich teilen und dadurch ein wenigschichtiges Bindegewebe darstellen, das allerdings nicht die Festigkeit besitzt wie das aus der Kambiumzone hervorgehende Kittgewebe bei zwei mit Borke versehenen Wurzeln älterer Holzpflanzen. Hier stellt sich derselbe Vorgang wie bei der Verschmelzung oberirdischer Organe ein. Die Rinde an den Berührungsstellen wird teils nach außen gedrängt, teils inselartig eingeschlossen; das Kambium produziert dort nicht mehr, wo der Druck an der Berührungsstelle sich geltend macht, und verschmilzt zu einer gemeinsamen, beide Wurzeln umfassenden Schicht, die alljährlich bei genügender Ernährung neue Holzlagen über

[1]) Franke, Beiträge z. Kenntnis der Wurzelverwachsungen. Beiträge z. Biologie der Pflanzen von F. Cohn, III, Heft 3, S. 307, Taf. XVIf.: vgl. Bot. Centralbl. X (1882), S. 401. — Vgl. auch Flury, Ph. Über Wurzelverwachsungen. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen, LXX (1919), S. 37—41, mit 4 Fig.

die Verwachsungsstelle legt. Die Kreuzverschmelzung von Wurzeln scheint besonders häufig bei Fichten, Tannen, *Taxus* zu sein, ist aber auch bei Laubhölzern, Eichen usw. nicht selten. Die Verwachsung führt mitunter dazu, daß der Stumpf eines gefällten Baumes nach vielen Jahren, durch einen anderen Baum ernährt, lebend bleibt und die Schnittfläche vernarben läßt.

Bezüglich der anatomischen Verhältnisse bei der Verwachsung von Stämmen verweisen wir auf die Arbeiten von Küster[1]) und erwähnen hier nur noch einen von Sorauer beobachteten seltenen Fall. Derselbe fand sich im Ellguther Forste bei Proskau an einer Kiefer, an deren kräftigem Stamm ein zweiter, dünnerer Stamm an mehreren Punkten durch natürliche Ablaktation festgewachsen war.

Die Basis des schwächeren Baumes ist vor vielen Jahren abgestorben, so daß derselbe seine Nahrung ausschließlich von der älteren Kiefer beziehen muß. Beide Stämme waren zur Zeit der Beobachtung vollkommen gesund und bilden eine gemeinsame Krone.

Wenn sich ein Ast an seinem eigenen Hauptstamm gerieben hat, mit ihm verwachsen ist und dann schließlich von dem Stamm überwallt wird, so daß er in derselben gänzlich verschwunden ist, so ergibt dies die sogenannten „gehenkelten Stämme".

Sämtliche Vorgänge dieser Art beruhen auf der Fähigkeit des kambialen Gewebes, Verkittungsschichten zwischen verschiedenen Achsen zu bilden. Die Prozesse unterscheiden sich von den Veredlungen nur dadurch, daß die später miteinander verwachsenden Kambialschichten zunächst durch die Rinde der Pflanzenteile voneinander geschieden sind. Diese muß erst durch allmähliche Reibung entfernt werden. Ist die Verschmelzung der Achsen vor sich gegangen, dann lagert sich alljährlich ein zusammenhängender Holzmantel über die Verwachsungsstelle. Manchmal liegen größere, braune Partien abgestorbener Rinde mitten in der Verwachsungsfläche, was sich durch die unebene Beschaffenheit der miteinander in Berührung tretenden Achsen erklären läßt. Wenn zwei mit Borkenschuppen bekleidete Stämme einander berühren, so reiben sich zunächst die hervorragendsten Stellen gegenseitig ab und verwachsen miteinander zuerst, während tiefer liegende Furchen gar nicht an der Verwachsung teilnehmen, sondern von dem neuen Gewebe eingeschlossen werden.

Sobald die Verwachsung zweier sich kreuzender Achsen so weit fortgeschritten ist, daß mehrere Jahresringe über die Verschmelzungsstelle gelagert sind, wird der Saftstrom von einem in den anderen übergehen können, und zwar wird er immer, sowohl der aufsteigende des Holzes wie der absteigende der Rinde, möglichst den kürzesten Weg zwischen seinem Ursprungsort und seinem Ziel, also im wesentlichen zwischen Wurzeln und Blättern nehmen. Daher kommt es, daß der Stammteil, der den längeren Weg darstellt, schwächer ernährt wird, dünner bleibt und daher oft schließlich ganz abstirbt. Daher der geschilderte Fall des Baumes mit zwei Kronen, und ebenso entstehen anders herum die Bäume mit einer Krone, aber zwei Stämmen.

In Wäldern, namentlich Fichten- und Kiefernwaldungen, begegnet man häufig Zwillingsstämmen, welche auf verschieden lange Strecken

---

[1]) Küster, E., Über Stammverwachsungen. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXIII, Heft 3. — Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, S. 173 ff., Abschnitt Wundholz.

von der Basis aus miteinander verwachsen sind. Seltener sind die Fälle, in denen Stämme isolierten Ursprungs in den höheren Regionen ihrer Hauptachse miteinander verwachsen.

Manchmal zeigt der Querschnitt der Basis eines Zwillingsstammes drei Zentren. Bei Koniferen ist der mittelste, dritte Stamm in der Regel verkiehnt. Hier ist jedenfalls in der Jugend der Gipfel der Hauptachse abgebrochen worden, und zwei Seitenaugen haben das Wachstum übernommen. Anstatt wagerechte Äste zu bilden, haben sich diese zu zwei Gipfeltrieben entwickelt, welche nach einer längeren Reihe von Jahren die absterbende Hauptachse gedrückt und endlich umwallt haben. Ihre gegenseitigen Umwallungsränder haben sich allmählich miteinander vereinigt, und schließlich ist ein einziger, zuasmmengedrückter Zylinder aus den drei Achsen geworden.

Daß die Verwachsung auch zwischen Teilen von Individuen verschiedener Arten vor sich gehen kann, ist nach den bei dem Veredlungsprozesse erwähnten Versuchen als feststehende Tatsache anzunehmen. Fichten und Tannen, Äpfel und Birnen und diese mit Quitte, Mandel mit Pflaume u. dgl. dürfen als bekannte Beispiele gelten. Es ist jedoch auch hier sicherlich eine Grenze in der Verwandtschaft der Pflanzen vorhanden, über welche hinaus eine wirkliche Verwachsung trotz innigster Berührung und starker Reibung nicht statthaben wird. Es finden sich zwar in der Literatur eine ganze Anzahl Mitteilungen über Verwachsungen sehr heterogener Pflanzen, indes beruht gewiß ein Teil dieser Angaben auf irrtümlicher Beobachtung[1]), indem man Verwachsungen annahm, wo nur Umwachsungen stattfanden.

Nach den bisher so ausführlich dargestellten Vorgängen der Wundheilung dürfen wir hier wohl, ohne mißverstanden zu werden, aussprechen, daß sich der scheinbar so starre Holzkörper eines Baumes in alle möglichen Formen bringen läßt, wenn das aus dem Kambiumringe hervorgehende Gewebe in bestimmter Weise eingeengt wird. Man kann auch bildlich recht gut sagen, daß sich der Holzstamm um alle seinem Dickenwachstum dauernd im Wege stehenden Körper herumgießt, dieselben überwölbt und gänzlich einzuschließen imstande ist. Beispiele von eingewachsenen Steinen, Fichtenzapfen, ja selbst Tiermumien sind mehrfach beobachtet worden.

Wir können um so mehr die Aufzählung von einzelnen Beispielen unterlassen, als wir jetzt eine ganze Anzahl äußerst anregend geschriebener Bücher über merkwürdige Bäume und andere botanische Naturdenkmäler aller Art besitzen. Das lehrreichste dürfte zur Zeit das Werk von Ludwig Klein[2]) sein, das durch mehr als 200 nach photographischen Naturaufnahmen angefertigte Abbildungen besonders berufen erscheint, die Liebe für die Baumwelt zu wecken und zu fördern.

---

[1]) Moquin Tandon, Pflanzen-Teratologie, deutsch von Schauer 1842, S. 274. — Masters, Vegetable Teratology 1869, S. 55.

[2]) Klein, Ludwig, Bemerkenswerte Bäume im Großherzogtum Baden. Heidelberg 1908.

Fünfte Abteilung.
Gase und Flüssigkeiten.

Zwölftes Kapitel.
Gase.

Kohlensäure.

Kohlensäuremangel.

Trotz des geringen Gehaltes von etwa 0,036—0,046 Volumprozenten, den die aus annähernd 79 Teilen Stickstoff und 21 Teilen Sauerstoff bestehende Luft an Kohlensäure besitzt, wird es doch in der Natur und wohl auch in der Kultur kaum je vorkommen, daß ein Mangel daran eintritt. Um aber die Verhältnisse bei stärkerer Stickstoffernährung klar und verständlich zu machen, wird es nötig sein, die experimentell gewonnenen Daten des Kohlensäuremangels hier wiederzugeben. Wenn dieser wichtige Nährstoff gänzlich fehlt, wie man dies im Experiment durch Aufstellung von Gefäßen mit Kalilauge unter geschlossenen Glocken beobachten kann, so nützen die übrigen Faktoren des Wachstums in günstigster Zusammensetzung nichts. Corenwinder[1]) sah, daß Knospen und junge Blätter sich in kohlensäurefreier Luft nicht weiterentwickelten. Bei Boussingault[2]) bildeten sich aus zwei Maiskörnern junge Pflanzen, deren Trockensubstanz, Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt geringer, deren Stickstoffgehalt ebenso groß wie in den Samenkörnern war. Wasserstoff und Asche hatten eine geringe Zunahme erfahren. Böhm[3]) fand bei noch im Wachstum begriffenen, abgeschnittenen Blättern der Feuerbohne, welche durch Dunkelheit entstärkt worden waren, daß dieselben bei vollem Tageslichte in kohlensäurehaltiger Atmosphäre nicht nur Wurzeln aus den Blattstielen bildeten, sondern sich auch im Querdurchmesser vergrößerten, selbst wenn sie bloß mit destilliertem Wasser begossen waren. Dagegen zeigten die in destilliertem Wasser gezogenen, unter dem Einfluß des vollen Tageslichtes unter Glasglocken stehenden, aber über Kalilauge befindlichen Keimpflanzen der Feuerbohne nur eine Längenzunahme bis 10 cm, und dann verschrumpften die Stengel unterhalb der in der Regel ganz stärkefreien Primordialblätter. Keimpflanzen von Feuerbohnen, die in humusreicher Gartenerde gezogen, aber durch schwache Beleuchtung ihrer Stärke bis auf geringe Mengen beraubt worden waren, bildeten bei späterer intensiver Beleuchtung in einer ihrer Kohlensäure beraubten Atmosphäre keine neue Stärke und gingen zugrunde. Es nützten ihnen also die Kohlensäure im Boden und die übrigen günstigen Vegetationsbedingungen nichts. Godlewski[4]) sah die Stärke auch in den dem vollen Tageslichte ausgesetzten Pflanzen verschwinden, wenn denselben die Kohlensäure der Luft genommen wurde.

---

[1]) Recherches chimiques sur la végétation. Fonctions des feuilles. Compt. rend. LXXXII (1876), Nr. 20, S. 1159.

[2]) Boussingault, Végétation du Maïs, commencé dans une atmosphère exempte d'acide carbonique. Compt. rend. LXXXII, Nr. 15, S. 788.

[3]) Böhm in Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1876, vgl. Bot. Zeit. 1876, S. 808.

[4]) Bibliographische Berichte über die Publikationen der Akademie der Wissenschaften in Krakau. Heft I, vgl. Bot. Zeit. 1876, S. 828.

Einen weiteren Einblick in den Wachstumsmodus der Pflanzen, denen die Kohlensäure der Luft entzogen, geben Sorauers Versuche[1]). Junge Kohlpflänzchen, in 0,5% Nährstofflösung, wurden teils unter Glasglocken mit Kalilauge, teils unter solche ohne Kalilauge gebracht und ein Rest frei zwischen den Glasglocken belassen. Die Ernte nach zehn Tagen ergab:

	Freistehende Pflanze				Kaliglocke		Kalilose Glocke		
Pflanze Nr.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Frischgewicht d. Wurzel und Stengel	0,457	0,367	0,414	0,470	0,175	0,2305	0,297	0,313	0,232
Frischgewicht der Blätter	1,598	1,494	1,564	1,682	0,765	1,011	1,736	1,712	1,850
Oberfläche der Blätter in qcm	50,6	47,5	50,1	47,3	25,4	26,6	50,4	54,1	37,1
Gesamttrockensubstanz	0,2755	0,2510	0,2685	0,2760	0,0760	0,985	0,1705	0,1740	0,1765
Prozentsatz des Frischgewichtes an Trockensubstanz	13,4%	13,5	13,5	12,8	8,4	7,9	8,4	8,6	8,4
Gesamtverdunstung in g	69,3	74,4	82,5	75,0	27,4	34,4	43,1	40,4	43,3
Verdunstung pro g Trockensubstanz	251,5	296,4	307,2	271,7	360,6	349,2	252,8	232,2	245,3

Die Tabelle zeigt, daß die Produktion an Frisch- und Trockensubstanz in der Kaliglocke am geringsten war. Je nach der Menge von neu produzierter Trockensubstanz ist die absolute Verdunstungsgröße mehr oder weniger beträchtlich; am kleinsten ist sie bei den Pflanzen unter der Kaliglocke. Natürlich ist der Einfluß der Glocken, also die in denselben herrschende Luftfeuchtigkeit, in Anschlag zu bringen. Dieser Faktor macht sich gegenüber den freistehenden Exemplaren durch einen geringeren Prozentsatz der Pflanzen an Trockensubstanz, also durch lockeren Bau und längere Blattstiele bemerkbar.

Vergleicht man bloß die Exemplare der Kaliglocke mit denen der anderen Glocke, so ist das Resultat sicherer. Der Kohlensäuremangel macht sich durch die geringere Gesamtproduktion, namentlich im Blattapparat, am meisten kenntlich; die Oberfläche ist nur etwa halb so groß. Das Auffallendste ist die Verdunstungsgröße. die pro Gramm der vorhandenen Trockensubstanz berechnet wird. Diese ist bei den der Kohlensäurezufuhr beraubten Pflanzen am größten; dasselbe zeigt sich bei der Berechnung der Verdunstung pro Quadratzentimeter Fläche von den unter den beiden Glocken gewachsenen Pflanzen. Diese Tatsache ist mit anderen Versuchsergebnissen in Verbindung zu setzen, wonach sich ergibt, daß die relative Verdunstungsgröße sich auch bei Pflanzen steigert, die andere Ernährungsmängel zu erdulden haben. Setzt man z. B. Pflanzen aus normaler, zusagender Nährstofflösung in eine solche von zu geringer Konzentration oder in destilliertes Wasser, so steigert sich die relative Verdunstung; ebenso wächst dieselbe bei Sämlingen durch Entfernung der Reservestoffbehälter, der Kotyledonen. Man möchte annehmen, daß die Pflanze sich zu größerem Wassertransport durch die Wurzel, also zu größerer einseitiger Arbeitsleistung anstrengen müßte, um den Verlust der Reservestoffe durch vermehrte Aufnahme aus dem Wurzelmedium zu decken.

---

[1]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, III, Heft 4/5.

Für die Praxis ergibt sich aus den vorstehenden Untersuchungen der Wink, zu versuchen, durch vermehrte Kohlensäurezufuhr die Produktion zu heben. Tatsächlich zeigen die Experimente, daß man mit Vermehrung der Kohlensäure eine viel schnellere Stärkebildung erzielt. Für manche Pflanzen war eine Steigerung bis auf 6—8% zulässig. Selbstverständlich ist für jede Pflanze und bei derselben für jede andere Kombination der Vegetationsfaktoren ein anderes absolutes Maß von Kohlensäure nötig, um eine optimale Produktion zu erzielen. Die Wachstumskräftigung durch die Kohlensäurezufuhr äußert sich in gedrungenerem Wuchs und dickeren Blättern[1]).

Während die bisherigen Versuche sich mit den Folgen des Kohlensäuremangels für die ganze Pflanze beschäftigen, hat Vöchting[2]) das Verhalten einzelner Zweige geprüft, die an der normal wachsenden Pflanze verblieben, aber in eine kohlensäurefreie Atmosphäre eingeführt wurden. Es zeigte sich dabei, wie jeder Zweig und jedes Blatt sich durch eigene Arbeit erhalten müssen und wie ihre Lebenstätigkeit allmählich erlischt, wenn sie durch Kohlensäuremangel an dieser Arbeit verhindert werden. Die Pflanze kann ihre in der kohlensäurefreien Atmosphäre befindlichen Zweige wohl zu weiterem Wachstum bringen, aber die sich entwickelnden Blätter sind fahlgrün und bilden keine Stärke; sie erholen sich auch nicht mehr, wenn der Zweig in normale Luft zurückgebracht wird, sondern gehen nach kurzer Zeit zugrunde. Daraus geht hervor, daß jedes Blatt seine selbständige Existenz hat und eine Störung derselben nicht durch den Gesamtorganismus ausgeglichen werden kann. Das funktionslos gewordene Organ wird wie bei anderen Störungen vom Körper abgestoßen.

Kohlensäureüberschuß[3]).

Die Versuche über den Einfluß eines Gehaltes der Luft und des Bodens an Kohlensäure, der sonst über das unter den gewöhnlichen Wachstumsverhältnissen vorhandene Maß hinausgeht, führen zu widersprechenden Resultaten. Während ein Teil der Beobachter nur schädigende Wirkungen erkannt hat, berichtet ein anderer Teil über vorteilhafte Entwicklung. Diese Gegensätze dürften ihre Erklärung dadurch finden, daß bei der Kohlensäure wie bei allen anderen Nährstoffen die Wirkung davon abhängt, wie gleichzeitig alle sonstigen Wachstumsfaktoren in Tätigkeit sind. Die Pflanzen sind im allgemeinen auf den geringen normalen Kohlensäuregehalt der Luft in ihrer Tätigkeit abgestimmt[4]). Sie werden eine stärkere Steigerung bald durch Hemmungserscheinungen, bald durch Wachstumsförderung beantworten, je nachdem die Steigerung plötzlich oder allmählich eintritt, und je nachdem der Reichtum an Licht und Wärme, an Wasser und anderen Nährstoffen dem Individuum gestattet, die vergrößerte Kohlensäuremenge noch zu verarbeiten. Experimentell

[1]) Fedoresco, E., Einfluß der Kohlensäure auf Form und Struktur der Pflanzen. Vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1900, S. 137.

[2]) Vöchting, H., Über die Abhängigkeit des Laubblattes von seiner Assimilationstätigkeit. Bot. Zeit. 1891, Nr. 8 u. 9.

[3]) Dieser Abschnitt ist freundlichst durchgesehen und ergänzt von Herrn Dr. E. Reinau.

[4]) Brown, F., und Escombe, F., Der Einfluß wechselnden Kohlensäuregehaltes der Luft auf den photosynthetischen Prozeß der Blätter und auf den Wachstumsmodus der Pflanzen. — Farmer, J., und Chandler, S., Über den Einfluß eines Überschusses von Kohlensäure in der Luft auf die Form und den inneren Bau der Pflanzen. Proceed. R. Soc. LXX. Vgl. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1903, S. 586.

finden wir diese Anschauung durch Godlewski[1]) bestätigt. Nach dessen Untersuchungen liegt das Maximum des Kohlensäuregehaltes im Verhältnis zu dem Gehalt der Luft ungeheuer hoch (5—10%), wobei allerdings zu beachten ist, daß Godlewski in offenen Glaszylindern experimentierte. — Dauerbehandlung von Kulturen mit soviel CO_2 ist schädlich (Höstermann und v. Ranke, Angew. Bot. 1921).

Über die fördernde Wirkung mäßiger Mengen liefern unsere Mistbeetkulturen reichliches Beweismaterial. Nach den Untersuchungen von E. Demoussy[2]) ist es nicht nur die erhöhte Wärme, sondern tatsächlich auch die Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Luft in den Mistbeetkästen, die bisweilen mehr als zwei Tausendstel beträgt[3]). Bei den vergleichenden Kulturen hatte die Mistbeetluft, die nach sorgfältiger Prüfung kein Ammoniak erkennen ließ, nahezu das dreifache Erntegewicht gegenüber den in gewöhnlicher Luft unter sonst gleichen Umständen erwachsenen Pflanzen geliefert.

Hier vereint sich die hohe Kohlensäureproduktion der sich zersetzenden organischen Substanz mit reichlicher Wärmeentwicklung, abgeschwächtem Licht und feuchter Luft, also den wesentlichen Faktoren eines üppigen Blattwachstums. Aber auch die Blütenentwicklung wird in der Weise gefördert, daß bei gesteigertem Kohlensäuregehalt der Luft die Blumen früher und ergiebiger sich ausbilden[4]).

Daß die Versuche in sterilisiertem Boden gegenüber dem nicht sterilisierten viel geringere Erntemengen erkennen lassen, schreibt der Verfasser der Abtötung der Mikroorganismen zu, die durch ihre Tätigkeit bei der Zersetzung der Kohlensäureproduktion beitragen. Und es ist auch wahrscheinlich, daß die dicht am Boden bleibenden Gewächse eine Wachstumsbegünstigung durch die aus der Erde beständig entweichende Kohlensäure erfahren, da mehrfach festgestellt ist, daß die Luft an der Oberfläche der Erde wesentlich mehr als drei Zehntausendstel Kohlensäure enthält.

In einer Luft, in der die Kohlensäure eine fünfmal höhere Spannung als normalerweise hatte, nahmen eine große Anzahl verschiedener Pflanzen um etwa 60% mehr an Gewicht zu als in gewöhnlicher Luft; auch blühten dieselben früher und reichlicher[4]).

Bei Eintritt von Kohlensäureüberschuß kann sich erst eine fördernde und allmählich später die störende Wirkung einstellen. In diesem Sinne sind die Versuchsergebnisse von Brown und von Farmer[5]) zu deuten, welche beobachteten, daß bei vermehrtem Kohlensäuregehalt der Luft sich nach acht bis zehn Tagen in mehreren Fällen eine tiefer grüne Färbung aller Chlorophyll führenden Pflanzenteile geltend machte und der Stärkegehalt vermehrt wurde. Aber außerdem trat eine Verkürzung und Verdickung der Internodien, Einrollung der Blätter bis zur gänzlichen Verkümmerung und Abstoßen der Blütenknospen bzw. gänzlicher Ausfall der Blütenanlagen ein.

---

[1]) Siehe Sachs, Arbeit. d. Bot. Instituts zu Würzburg, Heft III, 1873, S. 343—370.

[2]) Compt. rend. de l'Acad. d. sciences 1904. Vgl. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1904, Heft 11, S. 745.

[3]) Ganz frisch gepackte Kasten mit ganz jungen Gurkensetzlingen hatten bis 0,5% CO_2; 2 Monate alte nur 0,18% CO_2! (Reinau.)

[4]) Demoussy, E., Sur la végétation dans des atmosphères riches en acide carbonique. Compt. rend. CXXXIX (1904), S. 883.

[5]) a. a. O.

Vermögen die Pflanzen, die selbstverständlich je nach Art und Individualität sich verschieden verhalten, volle Prozente gebotener Kohlensäuremengen nicht mehr zu bewältigen, so muß Funktionsstockung eintreten. Kosaroff[1]) unterscheidet eine spezifisch schädigende Wirkung und eine indirekte durch Verminderung des Partialdruckes bzw. Entziehung des Sauerstoffes. Infolge der Depression des Transpirationsstromes zeigt sich ein Welken der Pflanzen. Böhm[2]) beobachtete ebenso wie Saussure eine Verzögerung der Keimung, indem mit zunehmender Kohlensäuremenge die Wurzeln und Stengel immer kürzer wurden. Chlorophyllausbildung und Assimilation waren wesentlich vermindert.

In einer Kohlensäureatmosphäre kann bei Gelenkpflanzen (Gramineen, Commelinaceen usw.) weder der Schwerkraftreiz perzipiert werden, noch vermag ein in Luft perzipierter Reiz eine Krümmung einzuleiten[3]).

Neuerdings haben Hugo Fischer u. a. sich mit der Frage der Luft-Kohlensäuredüngung beschäftigt und die früheren Versuche der Ertragssteigerung bestätigt gefunden. Er und Dr. Riedel will die Kohlensäuremengen der Hochöfen der Industriegebiete für die Pflanzenernährung nutzbar machen und berichtet über seine anfänglichen Versuche[4]) etwa folgendes:

Was ein kleiner Hochofen täglich an Kohlen verbraucht, entspricht umgerechnet dem Stärkegehalt von gut 30000 Zentnern Kartoffeln (nach der Formel $C_2H_{10}O_5$ und bei 18% Stärke); ein großer Hochofen leistet das Drei- bis Vierfache. Selbstverständlich ist die Ausnützung dieser Mengen von Kohlenstoff nur zu einem ganz geringen Teil möglich, und ebenso versteht sich im Glashaus eine höhere Ausnützung als im Freiland, wo diese von Witterungseinflüssen sehr beeinflußt zu werden scheint.

Die Hochofenabgase sind verhältnismäßig rein, nur Staub und schädliche Kohlenwasserstoffe müssen daraus entfernt werden. Schweflige Säure kommt hier kaum in Frage, weil im Hochofenbetrieb nur Koks verwendet wird. Den Kohlenstoff enthält das Abgas infolge unvollkommener Verbrennung größtenteils als Kohlenoxyd, CO, das erst zu Kohlendioxyd, CO_2, weiter verbrannt werden muß; das geschieht zum größten Teil schon im Betriebe, wo die brennbaren Abgase dazu dienen, in den „Vorwärmern" die in den Hochofen eintretende Luft zu erhitzen. Das kohlensäurereiche Gas wird, mit Luft vermischt, durch einen großen, elektrisch betriebenen Ventilator in ein Röhrensystem gepreßt und so über Glashäuser und Freiland verteilt. —

Es waren im Jahre 1917 drei parallele Häuser, je 6×25 m, nebst einem 18 m langen Verbindungshaus errichtet, im Jahre 1918 wurden an dessen anderer Langseite drei andere, je 6×40 m angebaut, so daß jetzt (ohne Verbindungshaus) 1170 qm unter Glas sind. An Freiland stehen etwa 4 ha (= 16 Morgen) zur Verfügung. Die angegebene Gasmenge könnte ein viele Male größeres Feld versorgen. Von der vorhandenen Fläche ist nur ein kleiner Bruchteil für Kontrollversuche ohne Begasung freigelassen. Leider sind die Bodenverhältnisse sehr ungleichartig; etwa

[1]) Kosaroff, P., Die Wirkung der Kohlensäure auf den Wassertransport in den Pflanzen. Bot. Centralbl. LXXXIII, 1900, S. 138.

[2]) Sitzungsber. d. Wiener Acad. 1873 vom 24. Juli.

[3]) Kohl, Die paratonischen Wachstumskrümmungen der Gelenkpflanzen. Bot. Zeit. LVIII, 1900, S. 1.

[4]) Fischer, H., Der gegenwärtige Stand der Kohlensäurefrage für Pflanzenkulturen. Angew. Bot. I (1919). Vgl. auch S. 831 Arbeiten in derselben Zeitschrift.

drei Viertel der Fläche sind seit Jahren in Kultur, aber ohne Einheitlichkeit, parzellenweise Angehörigen des Werkes überlassen gewesen und sind nach ihrer Lage zu dem unbegasten Stück für wirkliche Vergleiche ungeeignet. Das näher der Kontrollfläche gelegene, mit Röhren belegte Feldstück ist alte Schlackenhalde, erst künstlich durch Auffahren von Boden in Kulturland umgewandelt, so daß die Grundlage für exakten Vergleich: Gleichheit der Bodenverhältnisse, erst in einigen Jahren erreicht werden kann. Jedenfalls ist aber das unbegaste Stück das bessere, so daß jeder auf dem begasten Feld erzielte Erfolg um so höher zu bewerten ist.

In den Häusern wurde schon im Jahre 1917 eine Tomatenernte von unbegast 100 : begast 275 erzielt; bei höchst ungünstiger Witterung und Krankheitsbefall hatten wir im Jahre 1918 nur 100 : 200; die begonnene Ernte 1919 dürfte aber über 100 : 300 noch hinausgehen. Von am 23. Januar dieses Jahres in Töpfe gesäten Buschbohnen konnten im begasten Haus vom 25. März an bereits die schnittreifen Hülsen geerntet werden, als die Pflanzen im unbegasten Haus sich eben zum Blühen anschickten. In denselben beiden Häusern gezogener Blumenkohl entwickelte sich im begasten Haus viel kräftiger, die Pflanzen um etwa die Hälfte höher, die „Blumen“ entsprechend größer; gewichtsmäßige Feststellung der Ernten mußte in diesen beiden Fällen unterbleiben. Die Mittelhäuser beiderseits sind mit Gurken bepflanzt, mit denen ein Vergleich nicht angesetzt wurde. Nur in dem durch eine Querwand mit Schiebetür geteilten Haus 6×40 m war die hintere Hälfte anfangs unbegast gelassen; hier zeigten sich nun die ersten zwei bis drei Pflanzen jeder Reihe, die von hereindiffundierender Kohlensäure mitbekommen hatten, eine ganz auffallende Wachstumsförderung[1]), wie überhaupt die Gurkenpflanzen, bevor sie zur Blüte schritten, sich ungemein üppig entwickelten, mit Blättern von ganz ungewöhnlicher Größe. Die Ernte an Früchten ist sehr reich, nur fehlt es hier an Vergleichszahlen, weil keines der Gurkenhäuser unbegast geblieben war. Im Sommer 1917 wurden in zwei Parallelhäusern Gurken geerntet 100 : 170. — Die beiden äußeren Häuser 6×40 m sind je zur Hälfte für Wein und Pfirsiche bestimmt.

Sehr auffallend, namentlich an den Tomatenpflanzen, ist die dunkle, bläulichgrüne Farbe des Laubes als Wirkung der Kohlensäurebehandlung; ähnliches zeigte sich im Freiland besonders deutlich an Mohnpflanzen.

Im Freiland wurden auf kleinen Flächen schon im Spätsommer 1917 Versuche angestellt, die folgende Ergebnisse hatten: Spinat 100 : 250; Rübstiel 100 : 150; Kartoffeln 100 : 280; Lupinen 100 : 290; Gerste 100 : 200 (nicht mehr reif geworden; die Zahlen beziehen sich auf das Pflanzengewicht); die behandelte Gerste stand im Anfang November nahe vor der Blüte, die unbehandelte war noch kaum am Schossen. Die Freilandversuche des Jahres 1918 litten unter den höchst ungünstigen Witterungsverhältnissen, teils wurden sie durch die geschilderte Unregelmäßigkeit und Ungunst des Bodens vereitelt; Vergleichszahlen konnten kaum festgestellt werden, außer von einigen Kartoffelbeeten, wo das Höchstmaß der (in einem Fall erzielten) Ertragssteigerung 100 : 421

---

[1]) Diese fällt um so mehr ins Gewicht, als die Gurkenhäuser, fast stets geschlossen und mit stark gedüngtem Boden, an sich schon eine an Kohlensäure sehr reiche Luft, etwa 0,2—0,3%, enthalten.

betrug; die größte Knolle unbegast wog 180 g, die größte begast 320 g, = 100 : 177.

Auch im Jahre 1919 hat die naßkalte Witterung[1]) manche Enttäuschung bereitet; von Erntezahlen liegt erst ein Vergleich mit Mangold vor: geerntete Blätter Mitte Juni 100 : 170, Ende Juli 100 : 146, Summe beider Erträge 100 : 152,5. Reinau (s. unten) und H. Wagner[2]) weisen mit Recht darauf hin, daß die Anwesenheit der Kohlensäuremengen allein die gewünschte Vegetationssteigerung nicht bringen können, sonst müßten ja auch alle Pflanzen in der Nähe von Großstädten, Industriezentren, wo Reinau die doppelte bis fast dreifache Menge der normalen Kohlensäure fand, besonders üppig gedeihen. Es muß auch die Möglichkeit der Steigerung der Arbeitsenergie durch genügende Transpiration, Belichtung usw. gegeben sein.

Löbner (Gartenwelt 1923, S. 395) berichtet auf Grund genauer Gewichts- und Zahlenfeststellungen über seine Erfolge mit stoßweiser Kohlensäuredüngung nach der Methode Dr. Reinaus mit dessen „OCO"-Dunggasspender bei Gurken: „Der Versuch zeigt trotzdem einwandsfrei die raschere Entwicklung der kohlensäurebegasten Abteilung, die in den ersten 14 Tagen der Ernte den doppelten Ertrag brachte, als die nicht begaste, und damit den wirtschaftlichen Nutzen einer Kohlensäuredüngung in unseren Gewächshäusern." Bei diesem Verfahren wird die Kohlensäure je nach herrschender Temperatur- und Belichtungsstärke und unter Berücksichtigung des Flächenraumes mittels präparierter Kohletabletten dosiert, die in dem kleinen tragbaren Dunggasspender vergast werden. — Die ferner bei diesem Verfahren beobachtete besondere Dankbarkeit von Stecklingspflänzchen für Kohlensäuredüngung darf wohl in Richtung der natürlichen Bedeutung der dem Boden direkt entstammenden Kohlensäure gewertet werden.

In allerneuester Zeit ist der Kohlensäureernährung große Aufmerksamkeit zuteil geworden, es muß hier auf die Arbeiten von Fischer, Reinau, Bornemann, Lundegårdh u. a. verwiesen werden (vgl. bes. Angew. Botanik II (1920), und folgende Jahrgänge [bis 1924], dort auch die weitere Literatur).

Rauchgase[3]).

Bei der beständig zunehmenden Ausbreitung der Großstädte und gewerblicher Betriebe sind die Beschädigungen der Vegetation durch

[1]) Man darf wohl mit gutem Grund annehmen, daß windstilles, sonnig-warmes Wetter für den Assimilationsvorgang das günstigste ist. Aber auch übertriebene Trockenheit, wie im Mai d. Js., ist der Vollausnützung der CO_2 entgegen; ist das Wasser im Minimum, so kann alles andere wenig helfen. Eine kräftige Wasserdurchströmung dürfte für ausgiebige C-Assimilation notwendig sein; sie kann aber nur stattfinden bei warm-trockenem Wetter, ohne daß es dem Boden an Feuchtigkeit gebricht. Bei Wassermangel schließen sich ja bekanntlich die Spaltöffnungen, damit ist dann der Gasaustausch zwischen Blattgewebe und Außenluft beeinträchtigt. Niedere Sommertemperatur schädigt aber die Assimilation in doppelter Weise, erstens direkt, durch Verlangsamung des Vorganges selbst, zweitens indirekt, durch Hemmung des ableitenden Stromes, der eine Stauung der Assimilate herbeiführt.

[2]) Wagner, H., Die Kohlensäure als Wachstumsfaktor der Pflanzen. Die Umschau XXVII (1923), Heft 50, S. 785f.

[3]) Vgl. auch Rubner, K., Das durch Artilleriegeschosse verursachte Fichtensterben. Mitteilungen d. bayr. bot. Ges. III (1915), S. 273—6. — Hitz-, Gas- und Luftdruckwirkung bei Krepieren von Granaten. — Nach L. Graffin (Sur la disparition de l'orme sous les gaz de guerre. Comptes rend. Acad. Agric. France VI (1920), S. 609) hat von allen Waldbäumen die Rüster am meisten gelitten; viele Exemplare starben ab.

Rauchgase so zahlreich und vielseitig geworden, daß das Studium derselben einen eigenen Zweig der Pathologie zu bilden beginnt, an welchem Chemie und Botanik in gleicher Weise beteiligt sind. Es ist daher erklärlich, daß dieser Wissenszweig Spezialwerke erfordert und hier nicht bis in alle Einzelheiten behandelt werden kann. Die umfassendste Bearbeitung hat der Gegenstand in einem Buche von Haselhoff und Lindau[1]), später von Wieler[2]) und neuerdings von Stoklasa[3]) gefunden; wir müssen bei der Fülle des Materials bezüglich der Rauchschäden auf diese Werke verweisen[4]).

Den besten Überblick über das Material, welches durch die Rauchschlangen auf die Vegetation zur Einwirkung gelangt, gewährt uns eine Tabelle von Wislicenus, die wir wegen ihrer großen Übersichtlichkeit hier (S. 834/835) unverändert wiedergeben.

Über die in der umstehenden Tabelle aufgeführten Stoffe läßt sich ein allgemeines Urteil nicht fällen; sie können unter Umständen schädlich, sogar äußerst schädlich wirken, aber in anderen Fällen zu nennenswerten Ernteverlusten keine Veranlassung geben. Es hängt dies nicht nur von der größeren oder geringeren Exposition der Pflanzenteile ab, sondern von lokal verschiedenen Nebenumständen. Abgesehen von der individuellen Empfindlichkeit der einzelnen Pflanzenarten, kommen hier, namentlich bei Flugasche, die Bodenbeschaffenheit und Witterung, bisweilen ausschlaggebend, hinzu.

Betreffs der Schädlichkeit der Teernebel ist zu erwähnen, daß dieselben bei Kalköfen in Betracht kommen. Wenn bei dem Brennen des Kalksteins das Kalzinieren, also die Abspaltung der Kohlensäure, beginnt, beladet sich der Rauch mit großen Mengen der in der Tabelle angeführten Destillate, welche je nach der Eigenart der Pflanze ähnliche Ätzwirkungen hervorbringen, wie sie bei den Asphaltdämpfen geschildert werden.

Die Schädlichkeit des Rußes ist früher durchgängig überschätzt worden und wird es jetzt noch teilweise. Die neueren Untersuchungen von Schmitz-Dumont und Wislicenus[5]) bestätigen die alten Stöck-

---

[1]) Haselhoff, E., und Lindau, G., Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Berlin 1903, 412 S. mit 27 Textabb.

[2]) Wieler, A., Untersuchungen über die Einwirkung schwefliger Säure auf die Pflanzen. Berlin 1905.

[3]) Stoklasa, J., Die Beschädigungen der Vegetation durch Rauchgase und Fabrikexhalationen. Berlin u. Wien (Urban u. Schwarzenberg) 1923.

[4]) Vgl. auch Wislicenus, Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden. 1908ff. Darunter bes. Heft 10: Wislicenus, H., Experimentelle Rauchschäden. Versuche über die äußeren und inneren Vorgänge der Einwirkung von Ruß, sauren Nebeln und stark verdünnten sauren Gasen auf die Pflanze, gemeinsam mit Dr. O. Schwarz, Dr. H. Sertz, Dr. F. Schröder, Dr. F. Müller u. Dr. F. Bender. 1914. Paul Parey, Berlin. — Die Zeitschrift „Rauch und Staub". — Vgl. dann weiter u. a. Detmann, H., Rauchbeschädigungen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XX (1910), S. 368. — Eicke, S., Lücken der Rauchschädenforschung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXV (1915), S. 45. — Niggemeyer, H., Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch, mit besonderer Berücksichtigung des rheinisch-westfälischen Industriegebiets. Diss. Münster 1915; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVI (1916), S. 398. — Ampola, A., und Vivenza, A., Über Schädigung der Pflanzen in der Nähe der Hütten- und Stahlwerke von Terni. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVII (1917), S. 317. — Bakke, A. L., The effect of smoke and gases on vegetation. Proceedings Jowa Acad. of Science XX. — Neger, Die Krankheiten unserer Waldbäume. Stuttgart 1919, S. 44ff.

[5]) Wislicenus, H., Zur Beurteilung und Abwehr von Rauchschäden. Vortrag in Dresden am 31. Mai 1901. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1901, Heft 28, Taf. V.

hardtschen Erfahrungen, daß Ruß meist unschädlich wirkt. Zartere Pflanzen können durch die mitgeführten Phenole usw. Ätzerscheinungen aufweisen.

Die Theorie von der Verstopfung der Spaltöffnungen muß fallen gelassen werden. Nach Sorauers Untersuchungen berußter Pflanzen sind Fälle, bei denen Rußteilchen in den Vorhof einer Spaltöffnung gelangen oder denselben gar verkitten, äußerst selten, und selbst in diesen Fällen war keine Veränderung an den umgebenden Zellen wahrzunehmen. Es müssen erst größere Mengen von Extraktstoffen (Sulfate und Phenole) ausgelaugt werden, ehe eine Schädigung sich nachweisen läßt. Dies zeigen die Versuche von Wislicenus mit Steinkohlen-, Braunkohlen- und Benzinruß sowie mit Rußextrakten, durch welche Blätter von Hainbuche und Linde und später auch Fichtennadeln leichte Ätzwirkungen durch die Extrakte erhielten. Wahrscheinlich bewirken die eintrocknenden Salze eine osmotische Wasserentziehung und Austrocknung. Dieselben Versuche ergaben auch die Nichtbestätigung der Befürchtung, daß dicker Rußüberzug das Licht absorbiert und in Wärme umwandelt und dadurch nachteilig wirkt.

Besonders der Nebel ist es, der die Gase an einer Stelle festhält und ihre Verwehung verhindert. Städten und Industriebezirken, wo sie oft und lange herrschen, können sie deshalb äußerst lästig und verhängnisvoll werden.

Die umfassendsten Studien über die berüchtigten Londoner Nebel hat auf Veranlassung der Royal Horticultural Society in London F. W. Oliver[1]) veröffentlicht. Die lästigste Beimengung ist der Rauch, dessen Bestandteile als rußige Überzüge nicht nur die Pflanzen, sondern auch die Scheiben usw. überziehen. Eine Analyse dieser Rußüberzüge ergab:

Kohlenstoff	39,00 %
Kohlenwasserstoffe	12,30 %
Organische Basen	2,00 %
Schwefelsäure	4,33 %
Salzsäure	1,43 %
Ammoniak	1,37 %
Metallisches Eisen und magnetisches Oxyd .	2,63 %
Silikate, Eisenoxyd und andere Mineralstoffe	31,24 %

Je nach der Empfindlichkeit der einzelnen Arten sind die Beschädigungen der Pflanzen entweder nur Verfärbungserscheinungen oder führen zum Blattabwurf. Bei ersterer Art sind Blattspitzen und -ränder gebräunt, aber die übrige Blattfläche noch arbeitsfähig (*Pteris*, *Odontoglossum* usw.). Blattabwurf unter gänzlicher Vergilbung und Bräunung oder aber auch ohne äußere Zeichen einer Beschädigung ist der häufigere Fall. Als Ursache der Blattzerstörung wird die Schwefelsäure angesehen; außerdem schreibt Oliver auch dem metallischen Eisen einen schädigenden Einfluß zu. Bei den blattabwerfenden Pflanzen, die übrigens vor dem Abfall eine Entleerung der Blätter an Stärke erkennen lassen, dürfte die schwefelige Säure in erster Linie verantwortlich zu machen

[1]) Oliver, F. W., On the effects of urban fog upon cultivated plants. Journ. Hortic. Soc. XVI, 1893; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. III (1893), S. 224, und Gard. Chron. XII (1892), S. 21, 594, 648 usw.

sein. Die Versuche, welche ein schnelles Herabgehen der Transpiration feststellten, ergaben jedoch erst dann ähnliche Wirkungen wie bei dem Nebel, wenn gleichzeitig eine Verminderung des Lichtes eintrat.

Von Teersubstanzen war namentlich Pyridin in großer Menge im Nebel enthalten. Bei Versuchen mit Dämpfen von diesem Körper zeigte sich, daß die Blätter nach einiger Zeit schlaff und dunkler grün wurden. Die Zellen erwiesen sich als plasmolysiert; das Plasma der Epidermis

Chemische Beschaffenheit

Die Zahlen bedeuten

1 Mitgeführte Destillate und Feststoffe	2 Treten typisch auf bei	2	3 Rauchgase:	3 Bestandteile	4 Holzfeuerung (Meiler, alte Glasschmelzöfen usw.)	5 Gewöhnlicher Steinkohlenfeuerungsrauch (doppelte chemische Luftmenge) Dampfkesselfeuerung	5 Hausfeuerung
Teernebel (nachteilig) aromat. Kohlenwasserstoffe Phenole („Kreosot") Anilin Pyridin Pyrrol	gewöhnl. Kalköfen und Ziegeleien, ausnahmsweise bei Meilern	unsachgemäß bedienter gewöhnlicher Steinkohlenfeuerung, Hochöfen der Roheisenwerke, Schmelzöfen der Gußstahlwerke (reduzierende Feuer)	„normale", wesentlich unschädlich	N		77,41	79,5
				O		10,13	8,0
				CO_2 (CO)		8,73 (—)	12,5 (—)
				H_2O		4,7	?
Ruß (wesentlich unschädlich) C mit imbibierten Stoffen: teerige, NH^3 Kali, Natron, Kalk Schwefelsäure Chlor Rhodan usw.			„unnormale", schädliche, ausgesprochen saure — allgemeine	SO_2 mit (SO_2 und) H_2SO_4		0,063	0,04
				HCl		0,005	?
			besondere	Cl			
				HF			
				SiF_4 H_2SiF_6			
				Stickstoffsäuren			
Flugasche (bedingt schädlich) Oxyde, Carbonate, Phosphate, Silikate: versch. Basen als unlösliche unschädliche Stoffe As_2O_3 als schwerlösl. Stoff Sulfate, Chloride von Fe, Zn, Cu; Alkali und Ammonsalze: als lösl. schädl. Stoffe	Metallhüttenwerken		„unnormale", schädliche, seltene, ausnahmsweise	H_2S (CS_2)	(Fabrikation von		
				NH_3 (Aminbasen, Ammonsalze)			
				Zyanide Rhodanide	(Fabrikation von		
Sonstige spezifische Feststoffe Zn und ZnO CaC_2, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$ Zementstaub	Zinkhütten Karbidwerken Portlandzementwerken			Äther-, Benzindämpfe usw.	(Fabrikation pho-		

wurde gebräunt, das Chlorophyll aber nicht verändert. Wo Braunfärbung eintrat, war in der Regel Tannin in den Zellen. Das Eindringen des Pyridins erfolgt ähnlich dem der schwefligen Säure vorherrschend durch die Spaltöffnungen. Ganz ähnliche Wirkungen zeigten auch die dem Pyridin verwandten Körper, wie Picolin, Lutidin, Nicotin[1]), Thiochen usw.

[1]) Molisch, H., Über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanzen. Sitzungsbericht Kais. Akad. Wissensch. Wien. Math.-naturw. Klasse; CXX, Abt. 1, Januar 1911.

der Raucharten.

Volumprozente.

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Röstgase der Pyritöfen	Abgase der Säurefabriken (Halsbrücke)	Abgase der Glasfabriken mit Sulfatbetrieb	Abgase der Hohl- und Milchglasfabriken bei Verwendung von Kryolith, Flußspat	Abgase der Superphosphatfabriken	Abgase der Ringziegelöfen	Leblancfabriken Sulfat, HCl, Chlorkalk	Keramische Glasur (NaCl-Verfahren)	Bleichereien (Papier, Holzstoff, Strohstoffbleiche)	Blaufarbwerke, Sulfitzellulose-Rübenzucker (Saturation), Alaunfabriken, Ölraffination usw.	Fabrikation von HNO_3, Nitrokörpern, Sprengstoffen	Lokomotivrauch	Vulkanische Exhalationen
81					68,44						49,39	
10					8,96						6,3	
	2,5				7,77 (—)						5,41 (—)	
				viel!	15,7						40.86	
8,5 genutzt: 0,45	0,26	beim Anheizen 0,089 beim Schmelzen 0,443			— 0,074				Ultramarinöfen 3,0 . . 0,5		— 0,039	
					0,023						0,004	
			!	hauptsächlich fluorhalt. Abgase	!!							Borsäure
				HNO_3 aus der Kammersäure								

Leuchtgas, Sodarückstände in Abfallhalden)

Leuchtgas, Blausäure, Blutlaugensalzen usw.)

tographischer Papiere usw.)

Sehr heftig griff Phenol sowohl in wässeriger Lösung als auch namentlich in Dampfform das Laub an: starke Plasmolyse, Braunfärbung des Plasmas und der Chloroplasten.

Die Blüten verhielten sich dem Nebel gegenüber ungemein verschieden; bisweilen zeigten sich wesentliche Unterschiede bei zwei Arten derselben Gattung und sogar bei den einzelnen Petalen derselben Blüte. Tulpen, Hyazinthen und Narzissen waren sehr widerstandsfähig.

Schweflige Säure[1]).

Lange Zeit ist man im unklaren gewesen, welcher der schädliche Bestandteil des Rauches sei, bis durch die Untersuchungen von Morren[2]), Stöckhardt[3]) und namentlich von v. Schröder[4]) und Stoklasa[4]) der Feindin der Schwefligen Säure erkannt worden ist. Die metallischen Gifte, wie Arsen, Zink und Blei, die man früher vorzugsweise bei der Beschädigung durch den Rauch der Hüttenwerke im Auge gehabt hat, sind experimentell als minder schädlich für unsere Kulturpflanzen nachgewiesen worden, während die Schweflige Säure schon in sehr geringer Beimengung zur Luft den Tod der Versuchspflanzen herbeizuführen imstande ist. Wie gering eine solche Beimischung zur Luft zu sein braucht, geht aus den Beobachtungen von Morren[5]) hervor, der die charakteristischen Spuren der Zerstörung an den Blättern schon wahrnehmen konnte, wenn die Luft nur ein Fünfzigtausendstel ihres Volumens an Schwefliger Säure enthielt. Schröder[6]) gibt an, daß schon ein Millionstel sich schädlich erweist, sobald eine längere Einwirkung stattfindet. Und so geringe Beimengungen enthält sicherlich mancher Rauch, der durch die Verbrennung schwefelhaltiger Steinkohle gebildet wird. Da aber Schwefel in der Form von Schwefeleisen ein häufiger Bestandteil der Steinkohle, so ist anzunehmen, daß wir, wie Morren sagt, mit jedem Schornstein die Anlage zu einem Vergiftungsherd der Pflanzen errichten[7]).

Die meisten Experimente, welche zum Nachweis der Schädlichkeit so geringer Gasmengen angestellt worden sind, bestanden allerdings in der meist mehrstündigen Einwirkung des Gases in einem durch eine Glasglocke abgeschlossenen Raume. Diesem Zustande entspricht im gewöhnlichen Leben nur etwa die Luftbeschaffenheit in unmittelbarer Nähe eines industriellen Etablissements, wie einer Hütte, eines Koksofens u. dgl. in geschlossenen Tälern, in denen der Rauch in großen Massen Tag und Nacht sich über die Vegetation lagert. In der Mehrzahl der Fälle dienen die Luftbewegung, namentlich der Wind und die Eigentümlichkeit der schwef-

---

[1]) Vgl. auch fünfzehntes Kapitel über Schwefeln.

[2]) Recherches expérimentales pour déterminer l'influence de certains gaz industriels, spécialement du gaz acide sulfureux, sur la végétation. Extracted from the Report of the International Horticultural Exhibition etc. London 1866.

[3]) Untersuchungen über die schädliche Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf das Wachstum der Pflanzen. Tharandter forstl. Jahrb. XXI, Heft 3.

[4]) Die Einwirkung der schwefligen Säure auf die Pflanzen, in Landw. Versuchsstationen 1872. Vgl. auch Wöber, A., Versuche über künstliche Rauchschäden mit schwefliger Säure im Jahre 1914. Zeitschr. f. landw. Versuchswes. in Deutsch-Österr. XXII. Wien (1919) S. 169—179. 2 Taf., und Stoklasa 1923, s. S. 832, Fußnote [3]).

[5]) a. a. O. S. 224.

[6]) Schröder, J. v., und Reuß, C., Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch usw. Berlin 1883.

[7]) Baltz, Die durch Steinkohlenverbrennung am Walde entstehenden und vermuteten Rauchschäden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen XLVII (1915), S. 449—453.

ligen Säure, in Berührung mit Wasser zu Schwefelsäure zu oxydieren, als Schutzmittel gegen die extremsten Wirkungen des Giftes, gegen das baldige Absterben. Jedenfalls aber wird man gut tun, in denjenigen Gegenden, wo mit Steinkohlen oder Torf[1]) gefeuert wird, bei der Anlage von viel Rauch produzierenden Etablissements solche Orte zu wählen, die möglichst entfernt von großen Kulturen, namentlich von Baumanlagen sind.

Nach den Untersuchungen Stoklasas (a. a. O.) wird durch die schweflige Säure „in erster Linie der Chemismus der photosynthetischen Assimilation beeinträchtigt". (Vgl. die Originalarbeit! mit Tafeln und Abbildungen.)

Die gasförmigen Produkte, welche bei der Verbrennung einer schwefelfreien Steinkohle erzeugt werden, sind für die Vegetation unschädlich[2]). Enthält dagegen die Kohle einen Teil Schwefel, und entweicht die schweflige Säure in die Luft, so wird dieses Gas von den Blattorganen der Nadel- und Laubhölzer aufgenommen; dabei wird es (nach v. Schröder) in diesen Organen größtenteils festgehalten und nur zu einem geringen Teile in den Holzkörper der Pflanze geleitet. Auch die von Freitag[3]) in dieser Beziehung direkt angestellten Versuche deuten darauf hin, daß wir die Blätter als die Hauptorgane zur Aufnahme des Giftes anzusehen haben. Nicht alle Blätter aber nehmen gleichviel von dem gebotenen Gifte auf, und in dieser Beziehung unterscheiden sich die Nadelhölzer merklich von den Laubhölzern. Erstere nehmen unter sonst gleichen äußeren Verhältnissen mit der gleichgroßen Blattfläche weniger schweflige Säure auf als letztere; jedoch ist mit dem Nachweis einer größeren Menge aufgenommenen Gases noch nicht gesagt, daß dadurch auch eine Pflanze mehr leidet. Die Widerstandsfähigkeit hängt vielmehr von der speziellen Organisation der Pflanze ab. In dieser Beziehung lag die Vermutung nahe, daß der anatomische Bau, namentlich die Zahl der Spaltöffnungen, für die Empfänglichkeit einer Pflanze maßgebend sein möchte; diese Vermutung, welche von Morren wiederholt ausgesprochen worden, hat sich aber als irrig erwiesen, da Schröder gefunden hat, daß die schweflige Säure nicht nur durch die Spaltöffnungen, sondern gleichmäßig von der ganzen Oberfläche des Blattes aufgenommen wird. Er sah von der spaltöffnungslosen Oberseite eines Blattes ebensoviel Gas aufnehmen als von der an Atmungsorganen reichen Unterseite; nur war die Wirkung des von letzterer Seite eingedrungenen Gases viel schneller und energischer. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in dem Umstande, daß die schweflige Säure begierig vom Wasser absorbiert wird und sich in Berührung mit demselben leicht oxydiert; da nun durch die locker gebaute, an Spaltöffnungen reichere Unterseite die Wasserabgabe des Blattes an die Luft vorzugsweise erfolgt, so macht sich hier die Einwirkung des Giftes um so mehr geltend. Wird das Wasser in den Micellarinterstitien der Zellwände von der Säure in größerem Maße gebunden, als

[1]) Nach Stöckhardt ist auch Braunkohlen- und Torfrauch schädlich, wenn dieses Feuerungsmaterial Schwefelkies enthält. Der Rauch der Kalköfen zeigt sich am mindesten nachteilig, weil der Kalk die gebildete schweflige Säure zurückhält, ebenso wie bei Ziegelöfen der häufig vorhandene Magnesiagehalt des Tones durch Zurückhalten der schwefligen Säure günstig wirkt. Chemischer Ackersmann 1872, Heft II, S. 111 u. f.

[2]) Nachgewiesen an Pflaumen- und Birnbäumen.

[3]) Mitteilung der landw. Akad. Poppelsdorf. II (1869), S. 34; vgl. bei Schröder a. a. O., S. 321.

ein Zuströmen erfolgen kann, dann werden die Zellwände wasserarm, werden endlich austrocknen und somit ihre Fähigkeit für die Wasserleitung verlieren.

Es werden dann nur noch diejenigen Zellpartien, welche direkt an dem schnelleitenden Gewebe der Gefäßbündel liegen, stark wasserhaltig bleiben und ihre normale Färbung behalten, während der trockene Teil zwischen den Gefäßbündeln (den Blattnerven) eine fahle, bräunliche Färbung annimmt. Diese Erscheinung einer hellgrünen Nervatur in der fahlen Blattmasse ist als ein Merkmal für die Erkennung einer Vergiftung des Blattes durch schweflige Säure bezeichnet worden. Später ist von Hartig[1]) behauptet worden, daß die Rotfärbung der Schließzellen der Spaltöffnungen bei Nadelhölzern ein sicheres Merkmal für Säurebeschädigung sei. Diese Angabe aber hat alsbald seitens anderer Beob-



Abb. 245. Birkenblätter durch schweflige Säure beschädigt.
(Nach v. Schröder und Reuß.)

achter ihre Widerlegung gefunden. Wieler[2]) und Sorauer[3]) haben nachgewiesen, daß ein langsames Absterben unter dem Einfluß des Lichtes bei Einwirkung sehr verschiedener Faktoren die Rotfärbung veranlaßt. Unmittelbar im Zusammenhang mit diesem für das Auge erkennbaren Merkmal steht die durch Wägung von v. Schröder gefundene Tatsache einer verminderten Wasserverdunstung der vergifteten Blätter. Die Transpirationsgröße läßt sich aber als Ausdruck der Produktion gebrauchen, und somit läßt sich schließen, daß das Blatt weniger assimiliert. Die allgemeine Wirkung der Vergiftung auf den Pflanzenkörper wird also ähnlich der einer frühzeitigen Entlaubung sein, und zwar wird die Wirkung um so schneller eintreten, je größere Mengen von schwefliger Säure vor-

[1]) Hartig, Rob., Über die Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf die Gesundheit der Nadelholzbäume. München 1896, Riegersche Buchhandl.

[2]) Wieler, Über unsichtbare Rauchschäden bei Nadelbäumen. Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen 1897, Sept. — Ber. Deutsch. Bot. Ges. XXXIV (1916). — Neger, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1917.

[3]) Sorauer, P., Über die Rotfärbung von Spaltöffnungen bei Picea. Notizbl. d. Bot. Gart. Berlin 1898, Nr. 16.

handen sind, je trockener die Luft ist, je höher die Temperatur und je stärker die Beleuchtung ist, durch welche Faktoren das Blatt zu intensiverer Tätigkeit angeregt wird. Durch diese experimentell festgestellte Tatsache wird die Vermutung nahegelegt, daß der Hütten- und Steinkohlenrauch in der Nacht weniger schädlich als am Tage wirkt, und wir werden diese Vermutung später bestätigt finden. — Bei kräftiger Stärke-



Abb. 246. Durch schweflige Säure angegriffene Blätter einer Rotbuche. (Nach Schröder und Reuß). Die hellen Flecke entstehen nach Neger durch nachträgliche Lichteinwirkung, die eigentliche Fleckenbildung ist also ein postmortaler Vorgang.

assimilation ist die schweflige Säure-Vergiftung besonders wirksam[1]); Assimilation und Transpiration werden stark herabgesetzt, wenig die Atmung[2]).

[1]) Wislicenus, W., und Neger, E. W., Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Abgassäuren auf die Pflanze. Mitt. d. Kgl. Sächs. forstl. Versuchsanstalt zu Tharandt I (1914) Heft 3.

[2]) Palladen, Über die Wirkungen von Giften auf die Atmung. Jahrb. wiss. Bot. 1910.

Betreffs des Merkmals der grünbleibenden Nervatur bei vertrocknenden Mittelfeldern eines Blattes ist aber Vorsicht bei der Beurteilung geboten. Fast alle schädlichen Einflüsse des Luftmeeres äußern sich in der Weise, daß die von den wasserleitenden Nerven am weitesten entfernt liegenden Partien eines Blattes, also die Zwischenrippenfelder (Intercostalfelder), am ersten und stärksten leiden (Frost, Sonnenbrand usw.). Bei Einwirkung von Säuren im Rauch sind aber die Grenzen zwischen totem und gesundem Gewebe meist scharf, bei Einfluß der Witterungsfaktoren dagegen mehr verwaschen durch allmähliche Übergangsstadien.

Neger[1]) hat neuerdings mehrfach (vgl. auch unten S. 864f.) auf die vielfach irrtümlichen Deutungen angeblicher Rauchschäden aufmerksam gemacht, daß z. B. selbst die Rötung der Schließzellen ganz andere Ursachen haben kann. Die Ähnlichkeit gewisser Frostschäden mit Rauchwirkungen betont Hedgcock[2]).

Auch sind in ausgesprochenen Rauchbezirken die Schädigungsbilder verschieden, weil neben der schwefligen Säure auch andere Säuren, Schwefelsäure, Salzsäure, Fluorwasserstoffsäure usw., zur Wirksamkeit gelangen können. Diese stark wasserlöslichen (hygrophilen) Säuren beschränken sich aber in ihrer Wirkung auf die nähere Umgebung der Erzeugungsherde, wo sie allerdings auch viel intensiver und auf das Gewebe schnell abtötend wirken, während die schweflige Säure, die in gasförmiger Gestalt sich über weite Gebiete ausbreitet, langsam aber permanent von der Pflanze eingeatmet zu werden pflegt. Erstere, schnell und ätzend auftretende Wirkungen unterscheidet man als „akute" von den langsam vergiftend sich geltend machenden Erscheinungen, die als „chronische Rauchschäden" bezeichnet werden. Selbstverständlich müssen letztere sich schon im Innern einer Pflanze geltend machen, wenn äußere Merkmale noch nicht vorliegen. Der Chlorophyllapparat wird schon alteriert (was spektroskopisch von Wislicenus[3]), mikroskopisch von Sorauer nachgewiesen wurde), wenn auch die Pflanzen noch ganz normal aussehen, und man spricht dann von „unsichtbaren Rauchschäden" (vgl. auch Stoklasa a. a. O.). Natürlich sind derartige Störungen auch am leichtesten zu beseitigen, und die Pflanze ist nachgewiesenermaßen in der Lage, nach Fortfall schwächerer Raucheinwirkungen sich selbst auszuheilen[4]).

Solche Fälle werden auch im natürlichen Forstbetriebe vorkommen, wenn Situationsänderungen eintreten, welche eine Rauchschlange ablenken oder bis zur Unschädlichkeitsgrenze verdünnen. Wislicenus[5]),

---

[1]) Neger, E. W., Über die Ursachen der für akute Rauchschäden charakteristischen Fleckenbildung bei Laubblättern. Berichte d. Deutsch. Bot. Ges. XXXIV (1916), S. 386 bis 391. — Die botanische Diagnostik der Rauchschäden im Walde. Die Naturwissenschaften IV (1916), S. 85.

[2]) Hedgcock, A. A., Winterkilling and smelter-injury in the forests of Montana Torreya XIII (1912), S. 25—30.

[3]) Wislicenus, Resistenz der Fichte gegen saure Rauchgase bei ruhender und tätiger Assimilation. Tharandter Forstl. Jahrbücher 1898, Sept.

[4]) Sorauer, P., und Ramann, E., Sogenannte unsichtbare Rauchbeschädigungen. Bot. Centralbl. 1899, LXXX. — Brizi, Sulle alterazioni prodotte . . . eman. gazose. Le Staz. agr. it. XXXVI, S. 279, 2 Taf.; vgl. unten S. 866. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XIV (1904), S. 160.

[5]) Wislicenus, H., Maßnahmen gegen die Ausbreitung von Hüttenrauchschäden im Walde. Referat 5 der Sektion VIII d. internat. landw. Kongresses in Wien 1907; vgl. auch a. a. O. 1914 (mit Neger).

dem wir neuerdings besonders eingehende, gewissenhafte Untersuchungen verdanken, gibt die Unschädlichkeitsgrenze auf 0,0005 Volumprozente an oder je nach dem Zustande der Pflanzen auch nur etwa bei der Hälfte. Ähnliche Zahlen gibt Wieler[1]) an; für Fichte 1:500000, Buche 1:314000, Eiche 1:520—720000.

Dieser Autor hebt auch hervor, daß, abgesehen von der äußerst verschiedenen individuellen Empfindlichkeit, das Entwicklungsstadium der Pflanze von ausschlaggebender Bedeutung ist. Die Zeit der Entfaltung der neuen Blätter und Nadeln ist die gefährlichste; hier leiden die Pflanzen am meisten, weil die Kutikulardecke der Epidermis noch nicht genügend ausgebildet ist. Der schon oben erwähnte, von v. Schröder und Hartig beobachtete schädlichkeitsfördernde Einfluß des Lichtes ist experimentell von Wislicenus[2]) geprüft worden. Er fand, daß sichtbare Beschädigungen bei jungen Fichten im Dunkeln und im Winter nicht auftraten, obgleich eine Steigerung des Schwefelgehaltes nachweisbar war. Ramann und Sorauer haben ebenfalls beobachtet (s. a. a. O.), daß die Menge des nachweisbaren Schwefels in einem Organ nicht ausschlaggebend für den Grad der Schädigung ist, und Graf zu Leiningen[3]) macht auf einen Faktor aufmerksam, der bei der Probeentnahme behufs Begutachtung von Säureschäden von ausschlaggebender Wichtigkeit ist, nämlich auf den ganz verschiedenen Gehalt an Schwefel und Chlor bei Schattenblättern gegenüber den Sonnenblättern. Bei Buche fand er auf je 1 qm Blattsubstanz

	bei Lichtblättern	bei Schattenblättern
an SO^3	0,2730 g	0,3004 g
Cl	0,0190 g	0,0347 g

Also je ungenügender die Produktion an organischer Substanz, desto höher wird relativ der Gehalt an Schwefelsäure und Chlor. Gleichsinnig verhalten sich die Angaben von Wislicenus. „Geringe Bodenbonitäten, d. h. physikalisch und chemisch minderwertige Bodenbeschaffenheit, für die Pflanzengattung spezifisch ungeeigneter Boden, vor allem aber ungenügender, übermäßiger oder abnorm wechselnder Wassergehalt des Bodens schaffen eine Prädisposition für Raucherkrankung, darunter am meisten der Wassermangel.

Die stärkere Empfindlichkeit der Schattenblätter ist anscheinend ausschlaggebend für die Tracht der an Rauchvergiftung leidenden Gehölze, besonders der Nadelhölzer. Es sterben stets die Zweige letzter Ordnung, also die nach dem Innern der Krone zuerst ab, die vorstehenden Haupt- und Leittriebe leben bis zuletzt, die unteren sterben eher wie die oberen. Daher werden die Gehölze in den Großstädten alle so licht, und es bleibt schließlich oft nicht viel mehr als das Gerüst der Haupttriebe übrig[4]).

---

[1]) Wieler, Die Grenzkonzentration für die Schädigung der Vegetation durch schweflige Säure. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXVIII (1918), S. 97—105.

[2]) Tharandter Forstl. Jahrbücher 1898, S. 152.

[3]) Graf zu Leiningen, W., Licht- und Schattenblätter der Buche. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstw. III, Heft 5.

[4]) Vgl. auch Neger, Die Bedeutung des Habitusbildes für die Diagnostik von Pflanzenkrankheiten. Zentralbl. Bakt. Par. 1918, II. Abt., S. 171. — Neger, Rauchwirkung; Spätfrost und Frosttrocknis und ihre Diagnostik. Thar. forstl. Jahrb. 1915.

Diese sehr charakteristische Tracht kann aber auch durch andere Umstände veranlaßt werden, so daß also bisher kein Merkmal sicher auf Rauchschaden hinwies. In neuester Zeit hat nun Neger[1]) eine Mitteilung gemacht, daß sich im Verhalten der Lentizellen an den Zweigen rauchgasvergifteter Gehölze ein untrüglicher Anhalt findet. Die in Abb. 247 und 248 wiedergegebenen Abbildungen Negers stellen eine Lentizelle

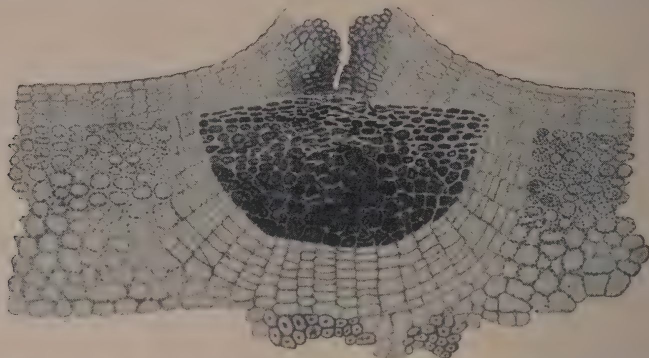


Abb. 247. Querschnitt durch eine Lentizelle von *Fraxinus*. 4 Wochen nach der Einwirkung des giftigen Gases. An der Grenze des gesunden und getöteten Rindengewebes ein bogenförmig verlaufender Wundkorkstreifen. (Nach Neger und Kupka.)

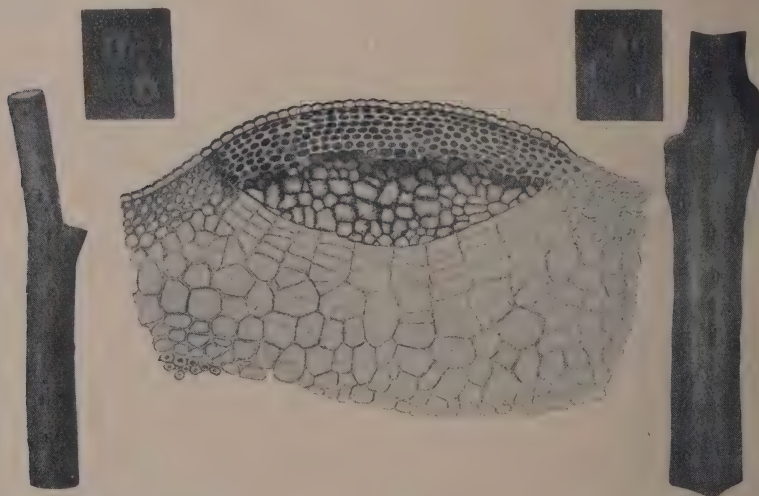


Abb. 248. Jn der Mitte: Querschnitt durch Lindenzweig. Lentizelle selbst nicht sichtbar. Korkgewebe erst in Bildung begriffen; unter dem getöteten Rindengewebe — ein Streifen Wundkork, links und rechts davon von Höfen umgebene Lentizellen an Linde und Esche, schwächer und stärker vergrößert. (Nach Neger und Kupka.)

von *Fraxinus* und *Tilia* dar. Bräunung des Rindengewebes unter den Lentizellen und Abgrenzung des abgestorbenen Gewebes gegen das gesunde durch Wundkorkbildung stellen das beweisende Bild dar. Neger fand das Merkmal an allen untersuchten Bäumen: Esche,

[1]) Neger, J. W., Ein neues untrügliches Merkmal für Rauchschäden bei Laubhölzern. Angew. Botanik I (1919) mit 2 Abb.

Linde, Ahorn, Buche, Eiche, Spitzahorn, Hainbuche, Bergahorn, Apfel, *Castanea*, Eberesche u. a. sowohl bei Laboratoriumversuchen als auch im Freien.

Abgesehen von einigen Pausen von 3—4 Tagen wurden die Versuchspflanzen alltäglich einige Stunden der Atmosphäre von $^1/_{20000}$ Schwefliger Säure ausgesetzt. Schon nach 8 Tagen wurden die ersten Wirkungen sichtbar, und zwar an zweijährigen Trieben von Esche. Merkwürdigerweise war nach wochenlang wiederholter Einwirkung nicht mehr zu sehen als nach jener verhältnismäßig kurzen Zeit. Es scheint daher, daß langandauernde Einwirkung äußerst verdünnter Rauchgase doch kurze Behandlung mit höher konzentrierten Gasen nicht zu ersetzen vermag. Gleichzeitig dürfte aus diesem Versuch hervorgehen, daß die Grenzkonzentration, bei welcher die Lentizellenreaktion eintritt (für Schweflige Säure), zwischen $^1/_{10000}$ und $^1/_{20000}$ liegt, Konzentrationen, die in der Nähe gefährlicher Rauchquellen nicht selten vorkommen.

Als besonders empfindlich[1]) erwiesen sich Esche, Linde, Spitzahorn, weniger Eiche, während Buche, Apfel, Edelkastanie, Eberesche, Birke u. a. als wenig empfindlich gelten können. Esche, Linde, Spitzahorn wären daher gewissermaßen als „Fangpflanzen" zu bezeichnen.

Besonders deutlich reagieren die Lentizellen (bei Esche) an sehr kräftigen, stark atmenden und transpirierenden Trieben, weniger an dünnen, spärlich mit Lentizellen besetzten Trieben.

Bodenvergiftung durch Rauch.

Der Habitus des Waldes durch Entnadelung und Absterben der Zweige wird bei den oben geschilderten Wirkungen auf die verschiedenen Zweige ein anderer; auch in Laubwäldern hat sich das Aussehen dadurch geändert. Daß die Stämme fast gänzlich frei von Flechten werden (Lindau[2])), weil diese nach alter Erfahrung die empfindlichsten Pflanzen gegen Schweflige Säure sind und deshalb bekanntlich auch in der Nähe der Großstädte fast ganz fehlen, und daß bei den Buchen die Stammrinde einen eigenartigen grauen Farbenton annimmt, sei nur nebenbei erwähnt. Direkt auf die Änderung der Bodenbeschaffenheit weisen die Angaben von v. Schröder und Reuß hin, daß eine Anhäufung unzersetzter Nadeln unter den chronisch beschädigten Fichten stattfindet und, soweit die Traufe des Baumes geht, auch eine gänzliche Entblößung von jeder lebenden Vegetation bemerkbar ist. Dieser Umstand deutet auf „Bodenvergiftung". Bewiesen wird dies durch das Reußsche Experiment, bei welchem Boden aus einer Rauchgegend in eine rauchfreie Zone übergeführt und bestellt worden war. Nach drei Jahren betrug der Verlust an ein- und zweijährigen Sämlingen von Esche 100%, Ahorn 92%, Buche 72%, Fichte und Kiefer 8%, Eiche 0%.

Wieler[3]) hat nun speziell die Frage der Bodenvergiftung in die Hand genommen und nachgewiesen, daß sich in Rauchgegenden mit anhaltender Rauchüberflutung unter Umständen noch Schweflige Säure

---

[1]) Über die Empfindlichkeit der Rüster gegen Kriegsgase vgl. Graffin oben S. 831 Fußnote [3]).

[2]) a. a. O., S. 120. Warming-Graebner, Lehrbuch der Ökologischen Pflanzengeographie.

[3]) Wieler, Neuere Untersuchungen usw., S. 314. — Pflanzenwachstum und Kalkmangel im Boden. Vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXIII (1913), S. 51—53.

in 30 cm Tiefe nachweisen ließ, diese also noch nicht in Schwefelsäure übergegangen war. Letztere wird auch nur so lange unschädlich sein, als sie an Basen gebunden werden kann. Wenn aber diese Basen zur Neutralisation verbraucht sind und durch Regen ausgewaschen werden, findet die vorhandene Humussäure kein Bindemittel mehr. Tatsächlich zeigten alle von Wieler untersuchten Bodenproben aus Rauchschadengebieten große Mengen von Humussäure. Es fehlte diesen Böden also an Kalk, um die entstehende Humussäure zu binden. Es mußten aber auch die anderen Basen, mit denen die Humussäure lösliche Verbindungen eingeht (Magnesium und Eisen), aus dem Boden verschwunden sein. Damit verschlechtert sich naturgemäß das Absorptionsvermögen des Bodens für andere mineralische Nährstoffe; dies bezieht sich auch auf die mit Humussäure lösliche Verbindungen eingehenden Alkalien, welche gleichfalls in den Untergrund wandern. Der Kalkmangel erschwert die Zersetzung der Humusstoffe, und der in ihnen eingeschlossene Stickstoff bleibt dem Pflanzenbestande unzugänglich, zumal die Bakterienflora in dem sauren Boden gering ist. Die freie Schweflige Säure und die Schwefelsäure werden auch auf tierische Organismen, wie z. B. die Regenwürmer, schädlich einwirken können. Durch alle diese Faktoren wird der Rauchboden ausgehagert bzw. vergiftet werden.

Der geringeren Wasserkapazität des durch Schwefelsäure (oder auch durch Salzsäure) vergifteten und ausgehagerten Bodens schreibt nun Wieler das Absterben der Bestände und überhaupt die chronischen Beschädigungen zu. Er geht nach Sorauer darin zu weit; denn alle Versuche lehren, daß der direkte Rauchangriff die Hauptursache des Absterbens der oberirdischen Organe bildet; auch ergeben die vergleichenden chemischen Analysen von Laub und dem dasselbe produzierenden Boden durchaus nicht immer eine Verarmung an Basen, sondern bisweilen sogar ein starkes Anwachsen von Kalk und Magnesia[1]). Aber immerhin bleibt diese Seite der Wirkung der sauren Rauchgase höchst beachtenswert, und die Aufmerksamkeit der praktischen Kreise ist auf eine periodisch sich wiederholende Kalkdüngung zu lenken.

Weitere Untersuchungen über die Einwirkung der Schwefligen Säure auf den Boden liegen vor von Haselhoff (Z. f. Pflanzenkrankh., 1908). Die Versuche zeigen, daß die Vegetation nicht geschädigt wird, wenn der Boden solche Mengen zersetzungsfähiger Basen (namentlich Kalk) enthält, daß die aus der zugeführten Schwefligen Säure gebildete Schwefelsäure gebunden wird. Der von Wieler geschilderte Fall der Bodenverarmung bei Vorhandensein freier Säure im Boden dürfte seltener (vielleicht in Waldböden) anzutreffen sein. Wenn dagegen während des Wachstums der Pflanzen Schweflige Säure in den Boden geleitet wurde, so daß derselbe eine saure Beschaffenheit zeigte, waren Wachstumsstörungen deutlich bemerkbar. Bei kupferhaltigen Böden wird durch die Schweflige Säure das Kupfer in leicht lösliche Verbindungen übergeführt, und dieses gelöste Kupfer kann dann für die Vegetation schädlich werden. Aber auch hier wird kohlensaurer Kalk helfen, indem er die lösende Einwirkung der Säure aufhebt. Cook[2]) machte neuerdings Versuche über die

---

[1]) Die landwirtschaftliche Versuchsstation in Münster i. W. Denkschrift von J. König. Münster 1896, S. 191 ff.

[2]) Cook, F. C., Absorption of cupper from the soil by potato plants. Journ. agric. Research XXII (1921). S. 281—297. Vgl. Matouschek, Zeitschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 32.

Aufnahme von Kupfer durch Kartoffeln. Kupfer wurde in Form der zum Pflanzenschutz gebrauchten Brühen zugesetzt, es wurde in den Blättern, weniger in Stengeln und Wurzeln gespeichert, in den Knollen nur Spuren. Bei Verwendung von Kupferkalk fand sich Kupfer fast nur in den Wurzeln, hier waren die Pflanzen deutlich geschädigt und verkümmert; in anderer Form verursachte es keine Giftwirkungen.

Crowther und sein Mitarbeiter haben gleichfalls neuerdings diese Fragen untersucht; in ihren Arbeiten[1]) über den Einfluß des Rauches der Industriestädte auf das Wachstum der Pflanzen kommen sie zu dem Schluß, daß etwa entsprechend dem Schwefelgehalt in der jährlichen Niederschlagsmenge eine Verminderung des Erntegewichts eintritt. Sehr wichtig erscheint auch neben der Verringerung des Kalziumkarbonats eine Einschränkung bzw. Aufhebung der Tätigkeit der Stickstoffbakterien.

In allerneuester Zeit berichtet über langjährige Versuche mit „rauchkranken Böden" R. Ewert[2]); in der Hauptsache berichtet er folgendes über die Befunde in der Nähe einer größeren Zinkhütte Oberschlesiens:

„Die Abgase, die die Zinkhütten abscheiden, sind bekanntermaßen besonders reich an der pflanzenschädlichen schwefligen Säure. Der gelegentlichen Beimischung anderer Gase, wie des Stickstoffoxyduls, ist keine besondere Bedeutung beizumessen. Die Halde der Hütte bildete ebenfalls eine starke Rauchquelle; bei Ausschüttung der Röstrückstände wälzten sich häufig dicke Rauchschwaden über die anstoßenden Felder. Unter den gegebenen Verhältnissen waren natürlich akute Schäden an den Pflanzen keine Seltenheit. Eine benachbarte Waldung zeigte die größten Verheerungen, die junge Saat hatte im Frühjahr eine gelbliche Färbung, die Gemüsepflanzen in einem der Halde gegenüberliegenden Garten wiesen überall die für die schweflige Säure charakteristischen Verbrennungen auf und gingen meist ganz zugrunde. Zwischen spärlichem Graswuchs und auf Stoppelfeldern wuchs eine rauchharte Crucifere, *Arabis arenosa,* in solchen Massen, daß ganze Flächen von ihren weißen Blüten bedeckt waren. Leguminosen waren dagegen in der nächsten Umgebung der Hütte gar nicht und weiterhin auch nur selten anzutreffen. Wie ich auch in einer anderen Industriegegend nicht selten bemerken konnte, hatte immer die der Rauchquelle zugewandte Seite der Bäume am stärksten gelitten, und an dieser Seite waren die Stämme niemals oder doch erst in weiter Ferne von Flechten bedeckt. Ihre dürren Äste wiesen von allen Seiten mit überzeugender Deutlichkeit auf den verantwortlichen Schädiger.

Die Wielerschen Veröffentlichungen ließen vermuten, daß unter den gegebenen ungünstigen Verhältnissen nicht allein die Kulturpflanzen, sondern auch der Kulturboden unter dem Einfluß der Abgase gelitten hatte. Um hierüber zweifelsfreie Feststellungen zu machen, wurden nicht allein Aussaaten an Ort und Stelle vorgenommen, sondern es wurden auch mehrere Zentner Boden in eine rauchfreie Gegend (Proskau) transportiert, um denselben auf „Rauchkrankheit" zu prüfen. Über die Ergebnisse der diesbezüglichen Untersuchungen sei hier berichtet.

Bodenprobe I, entnommen von einem schmalen Feldstreifen unmittelbar neben der Halde, auf welchem, nachdem der hier zuerst angebaute Winterroggen im Frühjahr durch die Rauchgase vernichtet worden war,

[1]) Crowther, C., und Ruston, A. R. — Crowther, C., und Steuard, D. W., The Journ. of the Agric. Science VI (1914), S. 387—94, 395—405.

[2]) Ewert, R., Rauchkranke Böden in Angew. Botanik VI (1924), S. 97—104.

die später angebauten Kartoffeln ein verhältnismäßig gutes Gedeihen zeigten. Nach Angabe der landwirtschaftlichen Verwaltung war dieses Stück drei Jahre vorher mit 30 Ztr. Kalk pro Morgen und auch sonst sehr stark gedüngt worden.

Bodenprobe II, entnommen von einem Feldstreifen, der sich unmittelbar an den vorhergehenden anschloß; derselbe lag teils brach, teils war er mit Winterroggen bestellt worden, wovon indessen im Sommer nur wenige Halme noch Zeugnis gaben.

Bodenprobe III, entnommen von einem Kartoffelschlag, dessen Gedeihen in der Nähe der Hütte ein auffallend schlechtes war. Auch dieser Schlag war ungefähr drei Jahre vorher mit 30 Ztr. Kalk pro Morgen gedüngt worden.

Bodenprobe IV von einem mit Hafer bestellten Schlage unmittelbar südöstlich der Hütte, der im Frühjahr sichtlich unter deren Abgasen gelitten hatte.

Bodenprobe V aus dem oben erwähnten Garten unmittelbar neben der Halde. In diesem Garten stand auch ein Birnbaum, der auf der der Hütte zugewandten Seite fast ganz abgestorben war, während er auf der entgegengesetzten Seite noch Blätter, Blüten und sogar noch einige Früchte entwickelte.

Bodenprobe VI von einem kleineren Feldstück entnommen; der auf diesem angebaute Winterroggen stand auffallend schlecht und zeigte viele Fehlstellen.

Die chemische Analyse dieser Böden, die sich zunächst auf den Kalk- und Zinkgehalt erstreckte, hatte, auf 100 g lufttrockenen Boden berechnet, das folgende Ergebnis:

	Kalk (CaO) %	Zink (ZnO) %
Boden I.	0,657	0,427
,, II.	0,434	0,413
,, III.	0,303	0,180
,, IV.	0,523	0,313
,, V.	0,339	0,300
,, VI.	0,168	0,587

Der geringe Kalkgehalt der Böden ist auffallend, zumal die Bodenauszüge mit heißer konzentrierter Salzsäure hergestellt waren. Eine ungünstige Wirkung des Zinks ist nach Baumann[1]) besonders dort zu erwarten, wo in einem an sich armen Sandboden der Kalkgehalt ein geringer ist. Der geringe Kalkgehalt wurde auch an zahlreichen anderen Stellen unweit der Hütte durch qualitative Prüfung nachgewiesen. Nur einmal bei Boden VI erfolgte bei Benetzung mit Salzsäure ein Aufbrausen. In diesem Falle handelte es sich offenbar um eine zufällige Beimischung von Kalk; denn wie die obige Analysenzahl zeigte, war gerade der Boden VI sehr kalkarm. Da er andererseits verhältnismäßig reich an Zink war, so hätte sich nach den Untersuchungen Baumanns die giftige Wirkung dieses Metalls geltend machen können. Da es sich im vorliegenden Falle aber nicht um einen Sandboden, sondern um einen mittelschweren Lehm-

---

[1]) Baumann, Das Verhalten von Zinksalzen gegen Pflanzen und im Boden. Landwirtschaftliche Versuchsstat. XXXI. (1884), S. 1.

boden handelt, so war nach genanntem Autor anzunehmen, daß die Absorptionskraft desselben groß genug war, um das Zink unschädlich zu machen[1]).

Eine saure Reaktion aller 6 Böden konnte auf Grund der Lackmusprobe nirgends festgestellt werden[2]). Wasserlösliche Sulfate fanden sich nur in geringer Menge in Bodenprobe V.

Zu den vergleichenden Vegetationsversuchen in Gefäßen, die in der rauchfreien Gegend von Proskau ausgeführt wurden, dienten als Versuchspflanzen namentlich Leguminosen und zwar Erbsen, Serradella und Lupine, da bei diesen die mehr oder weniger starke Knöllchenbildung an den Wurzeln zugleich einen Rückschluß auf die Beeinträchtigung der nützlichen Bakterienflora des Ackerbodens durch die sauren Gase möglich machte. Als weitere Versuchspflanze benutzte ich das Radieschen. Zur Kontrolle erhielten je zwei Gefäße eine Kalkdüngung (2% $CaCO_3$) und außerdem erfolgte stets in zwei weiteren Gefäßen eine Aussaat in guter Komposterde.

Diese Vegetationsversuche hatten das folgende Ergebnis:

Boden I. Erbsen und Radieschen gediehen ohne und mit Kalizusatz gleich gut, doch weniger gut als in der Komposterde; in dieser hatten sich an den Erbsenwurzeln auch reichlicher Knöllchen gebildet. Dieser Boden enthielt nach der oben angeführten Analyse den höchsten Kalkgehalt von allen sechs Böden. Da der Kalkgehalt des Bodens eine besondere Rolle spielt, so wurde im vorliegenden Falle die Analyse dreifach ausgeführt und gibt die obige Zahl den Durchschnitt der gefundenen Werte an.

Boden II. Die Erbsen gediehen auffallend schlecht, mit Kalkzusatz nur wenig besser und im Vergleich zu den Erbsen in der Komposterde immer noch sehr schlecht. Ähnlich verhielten sich die Radieschen. In diesem Boden hatten sich mit und ohne Kalkzusatz keine Knöllchen an den Erbsenwurzeln gebildet. Die Lupinen gingen sowohl in dem gekalkten als auch in dem ungekalkten Boden bald nach der Keimung zugrunde.

Boden III. Die Erbsen gediehen im gekalkten und ungekalkten Boden gleich gut, doch waren im letzteren nur vereinzelte Knöllchen, im ersteren dagegen reichlich Knöllchen zur Entwicklung gekommen. Die Radieschen zeigten im gekalkten und ungekalkten Boden keinen Unterschied im Wachstum und standen auch etwas besser als im Boden I und II.

Boden IV. Erbsen und Radieschen wuchsen im gekalkten und ungekalkten Boden gleich gut, erstere besaßen an den Wurzeln auch reichlich Knöllchen. Bezüglich ihres Gedeihens verhielten sich die später ausgesäte Lupine und Serradella ebenso, doch hatten diese an den Wurzeln keine Knöllchen, während sie in der Komposterde wieder gut zur Entwicklung gekommen waren.

Boden V. Dieser Boden wurde nur mit Serradella besät. In dem nicht gekalkten Boden gingen die Samen nur schwach auf, und die wenigen sich entwickelnden Keimlinge starben nach kurzer Zeit ab. In dem gekalkten Boden erfolgte die Keimung etwas besser, aber auch hier erhoben sich die Pflanzen selbst nach Monaten nicht über den Rand des Kultur-

---

[1]) Vgl. hierzu auch Wieler, Pflanzenwachstum und Kalkmangel im Boden, S. 221ff.

[2]) Ein Teil dieser Bodenproben wurde, nachdem sie mehrere Jahre an rauchfreier Stelle aufbewahrt worden waren, nach der kolorimetrischen Methode von König und Hasenbäumer untersucht; nur Boden V ergab eine mäßig saure Reaktion. Das angefeuchtete Holzgeländer eines Steges, der über einen Graben zu dem oben erwähnten Gemüsegarten führte, färbte blaues Lackmuspapier sofort rot.

gefäßes hinaus, auch unterblieb trotz der Kalkung die Knöllchenbildung vollständig.

Boden VI. Da mir eine Probe dieses Bodens erst spät im Jahre zuging, so konnten umfangreichere Versuche nicht mehr angestellt werden. Versuche mit Radieschen bewiesen aber deutlich das Kalkbedürfnis des Bodens (vgl. die obige Analysenzahl).

Die Schläge, von denen die Bodenproben I, II und III entnommen waren und die hier entsprechend bezeichnet werden sollen, wurden ringsherum unweit des Feldrandes mit Erbsen und Serradella besät, ebenso auch ein Beet im Garten, aus dem Bodenprobe V stammte. Auf Schlag II und im Garten V gingen die Serradellapflanzen wie bei den entsprechenden Vegetationsversuchen mit Lupine und Serradella schon als junge Keimlinge zugrunde, während sie sich auf Schlag I nur schwächlich, auf Schlag III wenig besser entwickelten. Die Erbsen verhielten sich ähnlich, ein kräftiges Wachstum machte sich nirgends bemerkbar. An den Wurzeln derselben trat auf Schlag II keine, auf Schlag I schwache, auf Schlag III in der Nähe der Hütte ebenfalls schwache, weiterhin stärkere Knöllchenbildung auf.

Aus diesen Untersuchungen ist zu entnehmen, daß die Verhältnisse hier im allgemeinen so lagen, wie sie von Wieler in seinem Buche „Pflanzenwachstum und Kalkmangel im Boden" für das Claustaler Rauchschadengebiet beschrieben worden sind. Der mittelschwere Boden, auf dem an sich alle Früchte ein gutes Gedeihen hätten finden können, hatte z. T. unter der Einwirkung der sauren Gase so gelitten, daß der Anbau von Serradella und Lupine unmöglich geworden war. Durch Kalkdündung kann dem schädigenden Einflusse derselben entgegen gewirkt werden, aber eine vollständige Entgiftung des Bodens wird nicht immer erreicht, wie es die Vegetationsversuche mit den Bodenproben II und V beweisen. Daß durch Kalkzufuhr in erster Linie eine Gesundung des rauchkranken Bodens herbeigeführt wird, geht wohl daraus hervor, daß die Serradella für eine Zugabe von Kalk dankbar war, obgleich sie keine eigentliche Kalkpflanze ist und sie daher ihren Kalkbedarf aus dem ursprünglichen Boden hätte decken können.

Auffallend war das außerordentliche Mißwachstum der Kartoffeln auf Schlag III; trotzdem der Vegetationsversuch hier keinen Kalkmangel erkennen ließ, sprachen doch Anzeichen für eine Bodenvergiftung. Das Kraut der Kartoffeln ist wenig empfindlich gegen Rauchgase und wird daher ihr Anbau in Industriegegenden in erster Linie empfohlen. Auch konnte ich im Beobachtungsjahr auf dem genannten Felde am Kraute keine Krankheitserscheinungen wahrnehmen, die mit Sicherheit als Rauchbeschädigungen zu deuten gewesen wären. Nach den Wetterberichten der zunächst gelegenen meteorologischen Station konnten nur an wenigen Tagen Rauchgase über das Kartoffelfeld gestrichen sein. Die Kartoffeln gingen im vorliegenden Falle normal auf, ihr Wachstum hielt aber, wenigstens auf dem der Hütte am nächsten gelegenen Teile des Feldes, wo auch die Knöllchenbildung an der Serradella eine mangelhafte war, nur so lange an, bis die Reservestoffe der Mutterknolle verbraucht sein mußten, und es stockte, als die Aufnahme der Bodennährstoffe und ihre Verarbeitung in Frage kam. An Niederschlägen war das Jahr reich genug. Es litten wohl einige Stauden an Schwarzbeinigkeit, aber nicht an der *Phytophthora*. Die feuchte Witterung hatte auch zur Folge, daß der Haferschlag (Bodenprobe IV) sich sichtlich erholte und wenigstens einen guten Strohertrag

versprach. Das 1000-Korngewicht wurde auf 29 g festgestellt und konnte somit als ein schwaches Durchschnittsgewicht gelten.

An die bisher genannten Felder, die bis oder fast bis an die Hütte herantraten, schloß sich noch eine größere Wiese, die nach früheren Beobachtungen versauert sein sollte. Im Jahre 1919 wuchsen auf derselben indessen nur Süßgräser wie z. B. Fuchsschwanz, Knäuelgras, Schwingel, Pfriemgras und französisches Raygras. Infolge sehr starker Düngung und reichlicher Niederschläge war der Graswuchs sehr üppig; vereinzelt eingestreut waren in denselben auch wildwachsende Leguminosen der Gattung *Lathyrus* und *Vicia*, die sonst nur, wie oben hervorgehoben wurde, selten in der Umgebung der Hütte zu finden waren.

Ebenfalls unweit der Rauchquelle waren einige kleinere Parzellen leichteren Bodens stark mit Kohlenasche, die man gewöhnlich nur zur Verbesserung schwerer Böden zu verwenden pflegt, gedüngt. Nach der Auffassung Wielers mußte dieselbe wohl einer Entkalkung durch schweflige Säure entgegenwirken. Tatsächlich standen die auf diesen Parzellen angebauten Kartoffeln auffallend gut, wozu aber auch eine besonders reiche Beigabe von Stallmist beigetragen haben mag.

Während die bisher genannten Felder entweder unmittelbar neben der Hütte lagen oder sich doch nur bis auf 100—200 m von derselben ausdehnten, handelte es sich in einem anderen von mir im Jahre 1922 bearbeiteten Falle um Felder, die von der Zinkhütte 1000—1300 m entfernt waren. Auch auf diesen sollten Schädigungen vorgekommen sein, die zu beobachten ich indessen selbst nicht Gelegenheit hatte. Es wurden aber von vier verschiedenen Stellen wieder Bodenproben entnommen und zu gleichen Vegetationsversuchen wie die vorher beschriebenen in rauchfreier Gegend benutzt. In Boden (I) der ersten Stelle, an der Runkelrüben ein schlechtes Gedeihen zeigten, ging Serradella gleich nach der Keimung zugrunde, bei Kalkzufuhr entwickelte sie sich nur mäßig. Der Boden (II) der zweiten Stelle verhielt sich ähnlich, doch kam in diesem Serradella auch ohne Kalkbeigabe zur Entwicklung. Die Böden (III und IV) von den übrigen beiden Stellen gestatteten der Serradella auch ohne Kalkdüngung ein normales Wachstum.

Diese Böden wurden an rauchfreier Stelle aufbewahrt und erst zwei Jahre nach der Entnahme qualitativ auf ihren Kalkgehalt geprüft und erwiesen sie sich alle vier als kalkarm. Gleichzeitig wurden sie nach der Methode von König und Hasenbäumer untersucht. Boden I und II, auf denen Serradella ohne Kalkbeigabe nicht oder nur mangelhaft gedieh, reagierten mäßig sauer, III und IV dagegen neutral bis alkalisch.

Auf den gleichen Feldern wurde an Ort und Stelle zwei Jahre später nochmals etwa alle 10 Schritte qualitativ der Kalkgehalt festgestellt. Nur an zwei Stellen erfolgte ein Aufbrausen bei Benetzung mit Salzsäure, desgleichen bei 3 von 9 besonders entnommenen Bodenproben. Von letzteren reagierten nach der Methode von König und Haselbäumer 6 neutral bis alkalisch, darunter auch die 3 kalkreicheren, während von den 6 kalkärmeren sich 3 als mäßig sauer erwiesen.

Nach Angaben der landwirtschaftlichen Verwaltung waren diese Felder 8 Jahre vor der ersten Probeentnahme mit 30 Ztr. Kalk pro Morgen gedüngt worden. Die Entkalkung ist demnach sehr ungleichmäßig erfolgt, und daher ist wohl die Annahme berechtigt, daß dieselbe nicht nur durch

die Atmosphärilien, sondern durch die Mitwirkung der Abgase der Zinkhütte erfolgt ist[1]).

Aus diesen Untersuchungen ziehe ich die folgenden Schlußfolgerungen:

1. Es ist unzweifelhaft berechtigt, von rauchkranken Böden zu sprechen, wenngleich auch noch eine genauere Definition dieser Krankheitserscheinung gegeben werden muß. Wahrscheinlich erfolgt in erster Linie eine Lähmung der Tätigkeit der nützlichen Bodenorganismen.

2. Der Boden bleibt rauchkrank, auch wenn er in eine rauchfreie Gegend überführt wird.

3. Die rauchkranken Böden brauchen nicht so sauer zu sein, daß ihr Säuregehalt an sich als pflanzenschädlich bezeichnet werden müßte.

4. Eine Kalkzufuhr (2% $CaCO_3$) zum rauchkranken Boden wirkte mit Ausnahme bei der Lupine stets günstig, wenngleich auch nicht immer eine volle Gesundung des Bodens herbeigeführt werden konnte.

5. In den rauchkranken Böden unterblieb die Knöllchenbildung an Leguminosenwurzeln oft ganz, manchmal sogar nach Kalkzufuhr, oder war meist doch nur mangelhaft."

Betreffs des Einflusses der Luftströmungen und ihrer Beschaffenheit, namentlich ihres Wassergehaltes, sowie betreffs des Nachweises der Säuren in der Luft und der Maßnahmen zur Abschwächung der Rauchschäden müssen wir auf die Spezialwerke verweisen. Erwähnen möchten wir nur, daß Ost[2]) eine einfache Methode zur Bestimmung des Gehaltes der Luft an Schwefelsäure eingeführt hat. Es werden nämlich kleine Zeuglappen mit Ätzbaryt getränkt und getrocknet; sodann werden sie an den Untersuchungsorten in exponierter Lage aufgehängt und nach einer bestimmten Zeit auf ihren Schwefelsäuregehalt untersucht. Auch die reine Gebirgsluft zeigte bei dieser Methode als normale Beimengung noch einen gewissen Gehalt an Schwefelsäure, der in der Nähe von Dörfern sofort bedeutend anstieg[3]).

Nicht außer acht zu lassen ist, daß bei den Schadenersatzforderungen nicht selten der Einwand seitens der schädigenden Hütten und Fabriken gemacht wird, daß Insektenfraß die Hauptsache abgäbe. In dieser Beziehung macht Gerlach[4]) darauf aufmerksam, daß die rauchkranken Fichtenbestände von den Harzrüsselkäfern bevorzugt werden. Nicht nur *Pissodes Herciniae* und *P. scabricollis*, sondern auch andere Insekten, wie *Grapholitha pactolana* und *Chermes* zeigen in rauchbeschädigten Forsten ein verheerendes Anwachsen. Dieselben Beobachtungen sind neuerdings in den Forsten nahe der Großstdäte, so z. B. in denen der Stadt Berlin, recht ausgedehnt gemacht worden[5]).

---

[1]) Vgl. hierzu die Bemerkung von König und Hasenbäumer auf S. 239 ihrer Arbeit „Bedeutung der Bodenforschung für die Landwirtschaft" Landw. Jahrb. LV (1920), Heft 2.

[2]) Ost, H., Die Verbreitung der Schwefelsäure in der Atmosphäre. Die chem. Industrie 1900; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1901, S. 248.

[3]) Vgl. auch den Apparat von Gerlach, K. (Tharandt), Der Ursprungsnachweis der Rauchsäuren in den an Baumstämmen abfließenden Niederschlagswässern mittels eines selbsttätigen Apparates und der Einfluß dieses sauren Wassers auf den Boden. Berlin 1914. — Wicken und Bohnen als besonders empfindliche Merkpflanzen in rauchkranken Böden.

[4]) Gerlach, Beobachtungen und Erfahrungen über charakteristische Beweismittel bzw. Merkmale von Rauchschäden. Österr. Forst- u. Jagdztg. XXV, S. 145, 154, m. 11 Abb. (1907); vgl. Bot. Centralbl. 1907, CV, S. 360.

[5]) Vgl. Bericht Staatl. Stelle Naturdenkmalspfl. Berlin 1919.

Salzsäure, Chlor.

Die Steinkohlen enthalten neben dem Schwefel auch Chlor[1]) in Form von Chlornatrium[2]); der Chlorgehalt schwankt zwischen 0,1 bis 2,0%. Leadbetter fand in der Steinkohle 0,009 bis 0,028% an Chlor[3]); dasselbe war aber in der Asche nicht mehr nachweisbar, mußte also mit den flüchtigen Substanzen ausgetrieben worden sein; Meinecke hat nun auch in den Hochofengasen das Chlor direkt nachgewiesen[4]), und Smith[5]) macht auf den Chlorgehalt von Regenwasser in Gegenden aufmerksam, wo Steinkohle in Menge gebrannt wird.

Bei dem schnellen Übergange von Chlor in Salzsäure in Gegenwart von Feuchtigkeit und Licht müssen beide Faktoren gemeinsam abgehandelt werden. Über die durch fortgesetzte Einwirkung von Salzsäure im Boden möglicherweise entstehende Verarmung ist bereits bei der Schwefligen Säure gesprochen worden. Von der Wirkung direkter Lösungen von Chloralkalien wird bei Gelegenheit von Kochsalz noch die Rede sein. Das Verhalten der Pflanzen ist je nach Art, Jahreszeit, Standort und individueller Entwicklung verschieden. Im allgemeinen erfolgt Ausbleichen und Vertrocknen der Blattränder oder auch der Interkostalfelder, wobei Chlordämpfe schneller wirken als salzsaure Gase. Gegenüber der Schwefligen Säure herrschen aber hier die trockenen Blattränder (Saumlinien) vor. Bei den von Ramann und Sorauer (s. Schweflige Säure) ausgeführten Versuchen wurde beobachtet, daß die mit Wasser besprengten Fichten durchschnittlich weniger Chlor absorbierten als die nicht benetzten Pflanzen.

Die bisherigen Arbeiten über die anatomischen Veränderungen haben zu widersprechenden Resultaten geführt. So beobachtete Lindau (a. a. O. S. 244) bei *Abies* bei den Spaltöffnungen und deren Nachbarschaft nur eine Alteration, während Kindermann[6]) die Untersuchungen von Leitger und von Molisch bestätigt, daß gerade die Schließzellen die größte Widerstandskraft gegen alle schädlichen Einflüsse (darunter auch Salzsäure) besitzen, was wahrscheinlich auf einer besonderen Konstitution des Plasmas beruhe.

Sorauer beobachtete bei seinen Studien[7]) am Getreide und bei der Fichte zunächst einen großen allgemeinen Produktionsrückgang durch die Salzsäuredämpfe, der sich in den Größenverhältnissen und der Kornausbildung kennzeichnet, was also Untersuchungen von Wieler und Hartleb[8]) bestätigen. Eine solche Wirkung kann eintreten, ohne daß auffällige äußere Merkmale die Wachstumsstörung anzeigen. In der Regel aber ist dieselbe von einer Entfärbung mit nachfolgender Ballung

---

[1]) Über den Nachweis von Chlor in der Luft vgl. Matignon, Cam. Action de l'iode à froid sur differents metaux. Procédé pour déceler la présence du chlore dans l'atmosphère. Compt. rend. hebd. séanc. Acad. sc. CLXXI (1921), Nr. 9, S. 532ff.

[2]) Hasenclever, Über die Beschädigung der Vegetation durch saure Gase. 1879, S. 9. Berlin, Springer.

[3]) Chemical News 1860, Nr. 46.

[4]) Dinglers Journal 1875, S. 217.

[5]) Bericht über die Entwicklung der chem. Industrie von A. W. Hofmann, 1875.

[6]) Kindermann, V., Über die auffallende Widerstandskraft der Schließzellen gegen schädliche Einflüsse. Sitzb. Ak. Wiss. Wien. Math.-N. Kl. CXI, 1 (1902), S. 490.

[7]) Sorauer, P., Beitrag zur anatomischen Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. Landwirtsch. Jahrbücher 1904, S. 587.

[8]) Wieler, A., und Hartleb, R., Über Einwirkung der Salzsäure auf die Assimilation der Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1900, S. 348.

der Chloroplasten begleitet. Es folgt dann eine Zusammenziehung des Primordialschlauches und Schrumpfung der Chlorophyllkörner. Je nach Stärke und Dauer der Salzsäuregaswirkung hat das so geschädigte Blatt bisweilen noch die Möglichkeit eines normalen Auslebens; meist aber stirbt es vorzeitig teilweise oder gänzlich ab. Im letzteren Falle umfaßt das Absterben vorzugsweise diejenigen Blatteile, die vermöge ihrer Lage und ihrer geringeren Mesophyll- und Gefäßbündelentwicklung eine schwierigere und geringere Wasserzufuhr haben, und dies sind die Spitzen und Ränder der Blätter. Daher die trockenen, verfärbten Blattspitzen beim Getreide und die schmalen trockenen Saumlinien zu beiden Seiten des noch grün verbleibenden unteren Teiles der Blattfläche. Als Folge des schnellen Todes zeigt sich dann in diesen abgestorbenen Teilen ein verhältnismäßig bedeutender Bestand an Zellinhalt. Das Zusammentrocknen unter Festhaltung der Luft im Gewebe erfolgt unter Schrumpfung der Zellen, jedoch so, daß die Wände einer jeden Zelle einander nicht berühren. Der natürliche Vertrocknungsprozeß dagegen, der erst nach vollständiger Verarmung des Zellinhaltes eintritt, charakterisiert sich durch ein gänzliches Zusammenfallen der Mesophyllzellen, wobei die Oberwand auf die Unterwand sinkt und das ganze ehemals grüne Blattfleisch einen matt-strohgelben, dichten Gewebestreifen aus wellig verbogenen, schichtenweise aufeinander liegenden Wandungen darstellt. Das Zusammensinken der Zellen erstreckt sich bei den Getreidearten mit Ausnahme der Gerste während des natürlichen Vertrocknungsprozesses fast nur auf das Mesophyll, während die Epidermiszellen nahezu in ihrer natürlichen Höhe verbleiben. Bei der — schon von den Praktikern als „weich“ bezeichneten — Gerste sinken allerdings auch die Epidermiszellen bei dem natürlichen Tod zusammen, wobei aber einzelne der weitesten Oberhautzellen nach außen hin eine Falte bilden. Dieselbe erscheint bei einem Querschnitt durch das tote Blatt als kegelförmige Erhebung, die einem Haar gleicht und dem ganzen Querschnitt das Aussehen eines dünnen, knotigen und stacheligen Stranges verleiht.

Bei der Wichtigkeit der Unterscheidung eines Blattes, das natürlichen Todes gestorben, von einem durch saure Gase vorzeitig zugrunde gegangenen Organ geben wir nebenstehend die Abbildung eines säurebeschädigten und eines normal gestorbenen Blattes. Abb. 249, *1* ist der Querschnitt durch eine unter dem Einfluß von Salzsäure bzw. Chlordämpfen abtrocknende Randpartie eines Haferblattes. Man sieht, das Gewebe schrumpft namentlich in der Zwischenrippenregion (Interkostalfelder) scharf zusammen, ohne daß das Mesophyll Zeit gehabt hätte, sich zu entleeren. Der Zellinhalt erscheint schmutziggrün bis braungrün und mannigfach geballt. Die Membranen der Bastbeläge an der Blattkante (*B*) und unterhalb der Gefäßbündel (*b*) sind, wie die der Epidermis, rotgelb bis braungelb gefärbt, und die Epidermiszellen stellenweise (*s*) derart zusammengetrocknet, daß die Oberwand die Unterwand berührt. Abb. 249, *2* ist eine vergrößerte noch den reichlichen Zellinhalt zeigende Zellgruppe aus Abb. 249, *1*.

Abb. 249, *3* stellt den Querschnitt durch ein normal vertrocknetes Haferblatt aus rauchfreier Gegend dar. Das Blatt erscheint im Querschnitt strangartig dünn, weil das Mesophyll (*V*) nahezu ganz entleert ist und die Zellwände aufeinander gesunken sind. Nur um die stärkeren Gefäßbündel herum vermag das Blatt nicht derartig zu schrumpfen, weil

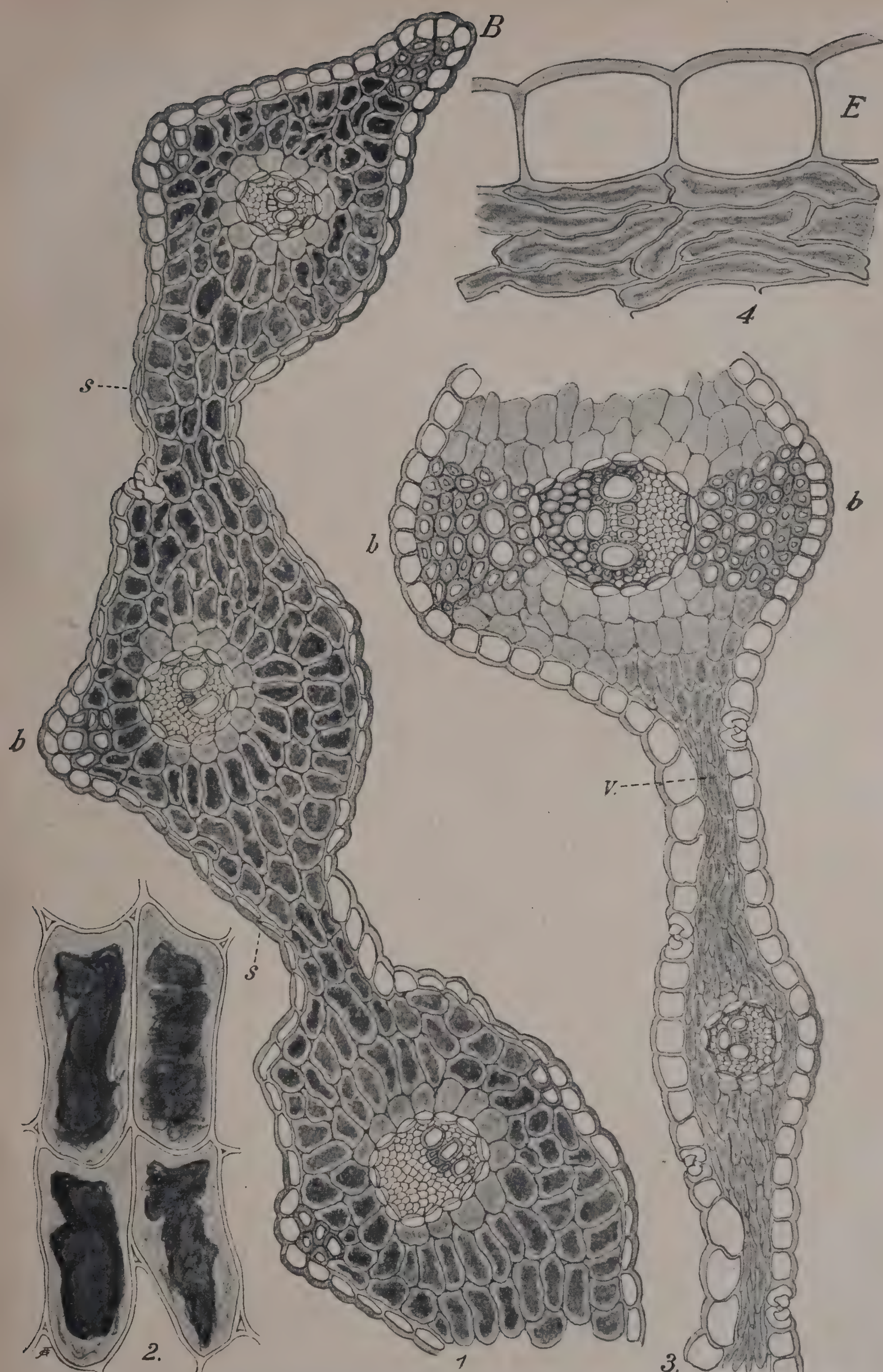


Abb. 249. Unterschied zwischen einem durch Salzsäure- bzw. Chlordämpfe abtrocknenden und einem natürlichen Todes gestorbenen Haferblatte. (Orig. Sorauer.)

die starken Bastbeläge als Steifen dienen und als Knoten in der Strangform stehen bleiben. Trotz der scharfen Vertrocknung des Blattes bleibt die Epidermis in ihrer natürlichen Höhe und wird höchstens matt quittengelb gefärbt wie die Baststränge, wodurch sie sich von der säurebeschädigten ebenfalls unterscheidet. Abb. 249, *4* ist eine vergrößerte Zellgruppe aus Abb. 249, *3*. *E* bezeichnet die Epidermis, darunter die zusammengefallenen Mesophyllzellen, bei denen durch Einlegen des Schnittes in Wasser die spärlichen plasmatischen Inhaltsreste kenntlich gemacht worden sind. Auch von einem bei dauernd nassem Wetter langsam ausreifenden Haferblatt unterscheidet sich das säurebeschädigte in der Farbe, da ersteres in den Wandungen seiner Bastbeläge und Epidermiszellen zitronengelbe Farbe annimmt. Die Intensität der Verfärbung hängt mit dem Reichtum an Gerbstoffen zusammen. Bei der Beobachtung der Farbenunterschiede muß man schnell vorgehen, da der Farbstoff in Wasser löslich ist.





Abb. 250. Rosenblatt und Abb. 251. Buchenblätter (vgl. Abb. 253) durch Salzsäure- bzw. Chlordämpfe beschädigt. (Nach v. Schröder und Reuss.)

Was hier vom Getreide beschrieben worden ist, läßt sich nicht ohne weiteres auf andere Pflanzen übertragen. Nur das ist als allgemeines Vorkommnis zu betrachten, daß bei allen plötzlichen Todesarten reichlich Inhalt in den Zellen erhalten bleibt, während derselbe bei dem natürlichen Ausleben des Blattes größtenteils veratmet wird.

Um die habituellen Unterschiede in der Angriffsweise von Dämpfen der Schwefligen und der Salzsäure hervorzuheben, geben wir Abb. 250 und Abb. 251 die Kopien beschädigter Blätter aus dem mehrfach zitierten Werk von v. Schröder und Reuss.

In Abb. 246 sehen wir das durch SO_2 angegriffene Blatt einer Rotbuche aus der Nähe einer Silberhütte. Abb. 245 ist von ein SO_2 geschädigtes Birkenblatt aus der Nähe einer Kupferhammerhütte. Das gemeinsame Merkmal besteht in mehr oder weniger scharf umschriebenen gebräunten Flecken in den Interkostalfeldern. Die Flecke sind meist mit einem Rande umgeben, der bald dunkler, bald heller braun sein kann. Bei manchen Gehölzen (z. B. der Rotbuche) findet man auch noch häufig um die Randzone einen durchscheinenden gelblichgrünen Saum von erkranktem, aber noch nicht abgestorbenem Gewebe.

Abb. 250, 251 und 252 sind Blätter einer Rose, einer Buche und einer Birke, die künstlich durch Salzsäure beschädigt worden sind; sie zeigen die dürren Saumlinien, die man meist nach Einwirkung reiner Salzsäuredämpfe beobachten kann. Indessen ist oben S. 840 bereits betont, daß man bei der Rauchexpertise aus solchen Habitusbildern keine sicheren Schlüsse ziehen darf.

Nach Guérin und Lormann[1]) sterben bei Chlordämpfen die Blätter infolge von Plasmolyse.

Flußsäure (Fluorwassersäure). Vgl. auch unten bei Abwässer.

Viel mehr, als man früher vermutet, hat sich die durch den Betrieb von Superphosphat-, Glas- und chemischen Fabrikaten erzeugte Flußsäure[2]) als Feind der Vegetation entpuppt. Durch sie ist der anfangs rätselhafte Befund geklärt worden, daß Rauch aus Ziegeleien und Tonwarenfabriken manchmal hochgradig schädlich, in anderen Fällen unschädlich sich erweist. Dies hängt eben von dem Vorhandensein und der Menge der Fluorverbindungen ab, welche in den Tonen und Rohphosphaten vorhanden sind. Nach Ost äußerte sich die Wirkung in dem Auftreten kleiner, brauner Ätzflecke, welche bei manchen Pflanzen mit einer gelblichen Zone umgeben waren. Neger[3]) beschreibt solche an Äpfeln, an denen das unter den Lentizellen befindliche Gewebe getötet und mißfarbig wird; daher entstehen braune etwas eingesunkene kreisförmige Höfe um die Lentizellen. Von anderen Forschern ausgeführte Räucherungen ließen bei der Eiche schmale, gelbbraune, scharf abgegrenzte Randverfärbungen erkennen; ähnliche Randzeichnung zeigte ein Spitzahorn, dessen Blattfläche später aber ebenfalls sich bräunte. Lindau[4]) beschreibt den anatomischen Befund bei der Eiche. Er fand die beiden Epidermisschichten intakt und den Inhalt der Mesophyllzellen leicht gebräunt; die einzelnen Chloroplasten sind noch erkennbar, „aber der übrige Inhalt hat ein öliges Aussehen erhalten".



Abb. 252. Durch Salzsäure bzw. Chlordämpfe beschädigte Birkenblätter. (Nach v. Schröder und Reuss.)

[1]) Guérin, P. u. Lorman, Ch., Action du chlore et de diverses vapeurs sur les végétaux. Compt. rend. hebd. Acad. sc. CLXX (1920), S. 401—403.

[2]) Vgl. auch Sertz, Über die Wirkung von Fluorwasserstoff und Fluorsilizium auf die lebende Pflanze. Tharandter Forstl. Jahrb. LXXII (1921), S. 1—13.

[3]) Neger, Über eine merkwürdige Schädigung des Obstes (Apfel) durch saure Rauchgase. Zeitschr. f. Obst- u. Gartenbau XLV (1919), S. 177ff.

[4]) Clemens Winklers Vorträge und Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden. Herausgeg. von Dr. O. Brunck, Berlin, Parey 1913; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXIV (1914), S. 254.

Über den am meisten in Betracht kommenden Waldbaum, die Fichte, finden wir die Notiz, daß dieselbe bereits einen Tag nach der künstlichen Räucherung einzelne Triebe mit weißlich-grauer Verfärbung zeigte, die sogar welkten. Nach einer weiten Räucherung wurden die Bäumchen ins Freie gestellt, und nun ging der anfangs weißliche, gelblich-graue Farbenton durch alle Abstufungen von Gelb und Gelbrot in „das charakteristische Rot der Säurebeschädigung über".

So wie die Fichten sah man in der Nähe einer Phosphoritfabrik, die durch Aufschließen des Fluorkalzium enthaltenden Phosphorites mit Schwefelsäure Flußsäuredämpfe entwickelte, auch Kiefern, Lärchen und Akazien sich verfärben[1]). Mayrhofer[2]) konnte einen auffallend hohen Fluorgehalt der Nadeln und Blätter noch auf 500—600 m Entfernung von der Fabrik nachweisen. Neuerdings hat auch Sertz[3]) die Wirkung von Fluorwasserstoff und Fluorsilizium auf die lebende Pflanze untersucht, und zwar an Nadelhölzern. Es zeigte sich Verfärbung ganzer Nadeln, so daß die Triebe sogar rotbraun wurden, und Abfall von Nadeln. Die Stoffe sind insgesamt sehr schädlich, selbst in sehr großen Verdünnungen. Die Tanne ist widerstandsfähiger als die Fichte. Auf Getreide kann die Wirkung einer solchen Exhalation geradezu vernichtend sein. So beobachtete Rhode[4]), daß Roggen auf einzelnen Parzellen gar keine oder nur verkümmerte Körner entwickelt hatte.

Sorauers Untersuchungen erstrecken sich auf Spiritusmaterial von abgestorbenen Fichtennadeln und bestätigen der Hauptsache nach die Übereinstimmung des Befundes mit den bei Schwefliger Säure erhaltenen Bildern. Nur fand sich bei den Fluorwasserstoffnadeln noch eine Gewebefaltung, die auf einem Schrumpfen der Zellmembranen beruhte. Man muß daraus schließen, daß das bei Schwefliger Säure so schnell eintretende Austrocknen der Nadeln hier erst erfolgt, nachdem die direkte Säurewirkung bereits eine Gestaltsveränderung der Gewebe hervorgerufen hat. Auch war der Inhalt den Wandungen nicht fest angetrocknet wie bei Wirkung der Schwefligen Säure und konnte deshalb nicht zur Steifung der Wandungen beitragen.

Flußsäure soll ebenso wie Quecksilber als nicht versagendes Hilfsmittel dienen, wenn es sich darum handelt, Bäume, deren Fällung verboten oder nicht öffentlich vertretbar ist, zum Absterben zu bringen. In ein schräg abwärts gerichtetes Bohrloch in den Stamm wird etwas Flußsäure oder Quecksilber gegossen und die Öffnung dann unauffällig wieder verschlossen. Die Dämpfe beider im Innern sollen dann nach einiger Zeit ein Vergilben und Absterben des Laubes und den Tod des Baumes bewirken.

Stickstoffsäuren.

Über den Einfluß von Salpetersäure (bzw. Untersalpetersäure) haben wir nur eine Notiz von König[5]) gefunden. Er sah bei 5 g Stickstoffsäuren (auf Untersalpetersäure berechnet) auf 100000 l Luft oder

---

[1]) Allgem. Forst- u. Jagdztg. 1891, S. 220.

[2]) Mayrhofer, J., Über Pflanzenbeschädigung, veranlaßt durch den Betrieb einer Superphosphatfabrik. Freie Vereinigung d. Bayr. Vertreter für angewandte Chemie, X, S. 127.

[3]) Sertz, H., s. Fußnote [2]) auf Seite 855; vgl. Matouschek, Ztschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 30.

[4]) Rhode, A., Schädigung von Roggenfeldern durch die einer Superphosphatfabrik entströmenden Gase. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. V (1895), S. 135.

[5]) König, Denkschrift 1896, S. 202.

0,05 g Untersalpetersäure in 1 cbm Luft bei Bäumen Merkmale auftreten, die denen glichen, welche bei Schwefliger Säure und Salzsäure sich einstellen. Die gewöhnliche Luft enthält nur 0,00003 g Salpetersäure im Kubikmeter.

Ammoniak.

Weit über den gewöhnlichen Gehalt der Luft hinausgehend, der höchstens zu 0,056 mg pro Kubikmeter anzunehmen ist, erweist sich das Ammoniak und kohlensaure Ammoniak als wachstumfördernd. Nur bei Fabrikbetrieben (Ammoniak-Soda-Verfahren u. dgl.) kommen so große Mengen ins Freie, daß Schäden entstehen, obgleich die Pflanzen sich im allgemeinen sehr widerstandsfähig erweisen. Die Empfindlichkeit der einzelnen Arten schwankt ungemein, aber die Art der Beschädigung zeigt große Übereinstimmung, nämlich vorzugsweise eine fleckenartig oder flächenförmig auftretende Schwarzfärbung.

Die Versuche von Börner, Haselhoff und König[1]) ergaben bei der Eiche das Auftreten dunkler Flecke oder vollständige Schwarzfärbung der Blätter. Bei der Kirsche ist anfangs Braunfärbung und später Schwärzung beobachtet worden. Die Gerste zeigte nach kurzer Zeit der Einwirkung an der der Sonne zugewendeten Seite Blätter und Halme weiß gefärbt, Roggen und Weizen bekamen rostfarbige Flecke und Ränder.

Sorauer sah bei Gerste die Blattspitzen weiß werden. Bei jungen Kastanienblättern wurden zuerst die Interkostalfelder dunkel, am nächsten Tage schwarz und später dürr. Ähnlich verhielten sich die Laubblätter von *Azalea Indica* bei einzelnen rotblühenden Sorten, während eine danebenstehende weißblühende Varietät nur Bräunung der Blattspitzen und -ränder erkennen ließ. Die Blüte der roten Varietät zeigte auf dem Saume der äußeren Zipfel weiße, nahezu kreisrunde oder keilförmige, eine natürliche Panachierung nachahmende Flecke, während die weiße Varietät innerhalb derselben Zeit die Blumenkrone mit Ausnahme vereinzelter kleiner brauner Tupfen unverändert ließ. Eine Nachwirkung nach Entfernung der Pflanzen aus der Ammoniakatmosphäre wurde nicht wahrgenommen, wohl aber eine Gegenreaktion bei dem Blütenkörbchen einer Cinerarie; die roten, durch das Ammoniak blau gewordenen Randblumen erschienen einige Zeit nach Verlassen der Ammoniakatmosphäre wieder rot gefärbt.

Über den Einfluß des Entwicklungszustandes auf die Stärke der Beschädigung liefert die Fichte ein Beispiel, deren alte Nadeln eine pechschwarze Färbung annahmen und dauernd behielten, während bei den jungen, weichen Nadeln der anfangs schmutziggrüne Farbenton später in ein fahles Rotgelb überging. Äußerst scharf kam bei einem Versuche die individuelle Widerstandskraft der einzelnen Nadeln zur Geltung, da man an allen Zweigen zwischen den pechbraunen Nadeln auch solche beobachten konnte, die keine Verfärbung oder höchstens ein dunkleres Grün zeigten. Die schwarzeFärbung rührte hauptsächlich von dem pechbraunen Farbenton her, den das Protoplasma der Epidermis- und Mesophyllzellen an-

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. III (1893), S. 100. — Lindau (a. a. O., S. 286) beschreibt die Wirkung des Ammoniakgases bei starker Konzentration auf die Pflanzenzelle: Im Innern des Blattes zeigen die Zellen meist sehr starke Plasmolyse; die Inhaltsstoffe werden undeutlich, und bisweilen werden Öltropfen ausgeschieden. Dabei wird ein brauner bis schwarzer Farbstoff abgesondert, der den ganzen kontrahierten Inhalt gleichmäßig tingiert. Derselbe erweist sich später als Gerbstoff.

genommen hatte. Die Membranen waren nur leicht gebräunt. In den intensivst geschädigten Zellen war der Inhalt eine zusammenhängende, körnig-teigige Masse geworden, die sich bisweilen von den Wandungen zurückgezogen hatte. Der Inhalt der Schließzellen der Spaltöffnungen war ebenfalls pechbraun, niemals rot, wie bei Säurebeschädigungen. An den Übergangsstellen zwischen gesund gebliebenem und geschwärztem Gewebe bemerkte man, daß die protoplasmatische Einbettungsmasse für die Chloroplasten sich bereits schwärzte, während diese selbst in Gestalt und Lagerung noch unverändert erschienen. Erst später fand man den grünen Farbstoff in das Plasma übergetreten und schmutzig braungrün geworden. Dann verschmolz auch die Grundsubstanz der Chloroplasten mit dem übrigen Zellinhalt anscheinend unter Zurücklassung körniger Reste.

Das Ammoniak dürfte eine spezifische Giftwirkung auf den Zellinhalt ausüben und nicht nur die Säure binden, wie anderweitig angenommen worden ist. Kny[1]) hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß nach den in der Literatur vorliegenden Angaben das Protoplasma in den verschiedensten Pflanzenteilen alkalische Reaktion besitzt, ohne daß die Chloroplasten beeinflußt werden. Derselbe Autor zeigte auch, daß sehr verdünnte Ammoniaklösung eine Schädigung der Assimilationstätigkeit hervorruft.

Auf welche Weise manchmal Ammoniakvergiftung zustande kommt, zeigte ein Fall, wo die Mauer eines Pferdestalles als Rückwand für ein Gewächshaus benutzt worden war. Als im Herbst das Heizen begann, entwickelte sich aus dem Mauerwerk kohlensaures Ammoniak, das binnen kurzer Zeit die Blätter von *Aucuba*, *Viburnum tinus*, *Prunus laurocerasus*, von Dracaenen und anderen Pflanzen schwärzte; nur die nächste Umgebung der Nervatur der Blätter blieb noch grün.

Im Anschluß hieran sei eines Falles der Schädigung durch Schwefelsaures Ammoniak gedacht. Ein Waggon mit Pflanzen (Azaleen) zeigte beim Öffnen, daß die Blätter teilweise geschwärzt, wie nach Ammoniakdämpfen, waren. Die Nachforschungen ergaben, daß vorher der Waggon zum Transport von Schwefelsaurem Ammoniak benutzt worden war. Die daraufhin angestellten Versuche zeigten, daß bei Vorhandensein von Kalk sich freies Ammoniak entwickelt. Ebenso wird frisches Schwefelsaures Ammoniak, das nicht genügend getrocknet und neutralisiert ist, Ammoniak entwickeln können, das ähnlich dem in dem Abschnitt über Ammoniakdämpfe geschilderten Falle in den Wänden haften und nachträglich schädigen kann.

Teer- und Asphaltdämpfe (vgl. auch S. 832ff. und unten Anstrichmittel).

Die Erfahrungen über die Schädlichkeit von Teer- und Asphaltdämpfen[2]) haben sich erst in neuerer Zeit geklärt, seitdem das Beobachtungsmaterial reichlicher geworden ist. Abgesehen von den Einwirkungen, die das Asphaltieren der Straßen bisweilen an empfindlichen Pflanzen

---

[1]) Bot. Centralbl. 1898, LXXIII, S. 430.

[2]) Otto, R., Jahresbericht über die Tätigkeit der chem. Versuchsstation (Bericht d. Kgl. Lehranstalt f. Obst- und Gartenbau zu Proskau 1912, S. 112—132. — Jahresbericht der chem. Versuchsstation d. Kgl. Lehranstalt f. Obst- und Gartenbau zu Proskau für das Jahr 1915. Berlin 1916. — Ewert, R., Die Schädigungen der Vegetation durch Teeröldämpfe und ihre Verhütung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXIV (1914), S. 257—73, 321—40.

hervorrufen kann, sind die Fabriken, welche Kohlenstifte für die elektrische Beleuchtung anfertigen, als wesentliche Ursache von Erkrankungen zu betrachten. Nach Ewert[1]) ist das Anthrazen der schädigende Bestandteil, namentlich bei sonnigem Wetter, auch in Kristallform in der Nähe der Pflanzen. Nach Otto[2]) schädigten Teeröldämpfe die Pflanzen stark, nicht aber den Boden. Wieler[3]) bemerkt, daß die Schäden durch Kokereien wohl nicht nur durch schweflige Säure veranlaßt werden, sondern daß auch mit Teerschäden und vielleicht auch mit solchen durch Ammoniak und Schwefelwasserstoff gerechnet werden muß. Während bei den Säureschäden die beschädigten Teile der Blätter gelb, rotbraun oder rot werden, tritt bei den Kokereischäden, der für Teerbeschädigungen (wie auch für Karbolineum usw.!) eigentümliche Lackglanz auf, und die Blätter verfärben sich braun oder schwarz, eine Beobachtung, die wir voll bestätigen können.

Als Leitpflanzen für Beschädigungen durch Asphaltdämpfe[4]) sind die gerbsäurereichen Rosen, Erdbeerblätter, wilder Wein, Roßkastanien und nach Wieler wahrscheinlich auch Esche zu bezeichnen. Bei den Rosen leiden die einzelnen Arten in sehr verschiedenem Grade, indem beispielsweise Tee- und Bengalrosen weniger, Remontantrosen und deren Hibriden aber meistenteils sehr stark angegriffen werden. Die Oberhaut wird stellenweise oder über die ganze Blattfläche stumpf schwarz. Wenn nicht die ganze Oberfläche verfärbt ist (Abb. 253, *1a*), pflegen die geschwärzten Stellen als unterbrochene oder zusammenhängende Bänder zwischen den stärkeren Seitennerven, also in den Interkostalfeldern aufzutreten. Wenn die Kelchblätter von den Dämpfen getroffen worden sind, kommen die Blütenknospen nur zu mangelhafter Entfaltung. Bald nach Eintritt der Schwärzung findet man den Inhalt der oberseitigen Epidermiszellen tief gebräunt, körnig-klumpig und meist einer Horizontalwand angelagert. Die Kutikula ist nicht gebräunt und anscheinend unverändert. Bei stärkerer Erkrankung ist die Epidermis der Unterseite in gleicher Weise ergriffen und sinkt später zusammen; dagegen wird das Mesophyll nur wenig irritiert. Die Dämpfe ätzen nur an den Organen die exponierte Fläche, alle gedeckten Teile (Abb. 253, *1b*) bleiben unverfärbt. Wird die Mittelpartie eines Blattes beschädigt, heben sich die Ränder kahnförmig nach oben.

Beiläufig ist darauf aufmerksam zu machen, daß manche Rosen (z. B. *Rosa turbinata*) im Spätherbst eine ähnliche Verfärbung annehmen. Bei der genannten Rose beispielsweise fand Sorauer, daß die noch festsitzenden älteren Blätter ohne vorhergehende Rotfärbung stumpf schwarzfleckig wurden, was auf einer Ballung und Bräunung des Inhalts der Epidermiszellen beruhte. Letztere aber blieben dabei in ihrer natürlichen Turgeszenz und Höhe, während sie nach der Wirkung von Asphaltdämpfen zusammenzusinken beginnen. Hier hält sich auch der Inhalt des Mesophylls lange Zeit in normaler Beschaffenheit und Lagerung, während er

---

[1]) Ewert, R., Das Anthrazen als pflanzenschädlicher Bestandteil des Teeres. Jahresbericht Ver. angew. Bot. XV (1917), S. 170—172.

[2]) Otto, R., Über die Einwirkung von Teerdämpfen auf den Kulturboden. Ber. Lehranstalt Obst- u. Gartenb. Proskau 1919. Berlin, Paul Parey, S. 86—90.

[3]) Wieler, A. L., Rauchschäden bei Kokereien. Jahresb. Ver. angew. Bot. XVI (1918), S. 64—78.

[4]) Sorauer, P., Die Beschädigungen der Vegetation durch Asphaltdämpfe. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1897, S. 10.



Abb. 253. Wilder Wein, Erdbeere und Rose durch Teerdämpfe beschädigt. (Orig. Sorauer.)

bei der Herbstfärbung alsbald sich ballt und zu gleichartigen, anfangs grünen, später sich bräunenden Massen umgewandelt wird. Parasitäre Schwarzfärbungen (*Asteroma radiosum* usw.) wird das Mikroskop leicht von Asphaltätzungen unterscheiden können.

Alten und Jännicke[1]) haben die Schwarzfärbung von Rosen und Erdbeeren infolge der Einwirkung von Asphaltdämpfen beschrieben. Sie betrachten das in diesen Dämpfen nachgewiesene Eisen als eigentlichen Schädigungsfaktor, indem dasselbe sich mit der Gerbsäure der Zellen verbindet, und stützen diese Ansicht durch Versuche, bei welchen sie durch Bespritzen der Blätter mit Eisenchlorür und Eisensulfat schwarze Flecke, die mit den Asphaltbeschädigungen übereinstimmten, erhalten haben. Eisenchlorid ergab diese Wirkungen nicht.

Sorauer konnte diesen Erfolg nicht erzielen, und auch diejenigen Beobachter, welche als Mittel gegen Chlorose und Ikterus das Bespritzen mit Eisenlösungen angewandt haben, berichten nichts von einer Schwärzung.

Bei dem in Abb. 253, *2* abgebildeten Blatte der Erdbeere (Kulturform von *Fragaria Chiloensis*) zeigt sich bei *g* eine nur teilweise Schwärzung der Oberseite, weil nur dieser Teil des Blattes frei gelegen hat. Sonst waren die Erscheinungen wie bei den Rosen: Hebung der Blattränder, teilweises Dürrwerden der Blattzähne usw.

In Abb. 253, *3* sehen wir ein Blatt von *Parthenocissus* (*Ampelopsis*) *quinquefolia* einige Wochen nach der Wirkung von Teerdämpfen, welche einer Fabrik von Kohlenstiften für elektrische Lampen entströmt waren. Die minder erkrankten Blätter erwiesen sich noch grün, aber nicht mehr flach ausgebreitet, sondern an den Rändern muldenförmig in die Höhe gezogen und innerhalb der Spreite runzelig durch Hervortreten einzelner Gewebepartien zwischen den feineren Nervenverzweigungen. Bisweilen fanden sich in der Nähe der Mittelrippe kleine Stellen mit korkfarbiger Oberfläche. Bei intensiverer Beschädigung sind derartige Stellen stets vorhanden und gehen teilweise in dürr werdende, miteinander verfließende Brandflecke über. Schließlich kann jedes Blatt ganz regelmäßige Zeichnungen durch das Dürrwerden der Interkostalfelder erhalten (Abb. 253, *3s*). Durch die gegenseitige Reibung der Blätter bröckeln die dürren Stellen vielfach heraus, so daß eine gitterartige Durchbrechung zustande kommt (Abb. 253, *3l*).

Junge Zweige werden an der Angriffsseite korkig und feinrissig. Etwaige Luftwurzeln schrumpfen.

Wenn die Wirkung der Asphaltdämpfe aufhört, zeigen sich die Heilungsbestrebungen des Blattes. Falls das Palisadenparenchym nicht oder nur wenig angegriffen worden ist, streckt es sich etwas und wölbt die bis zur Unkenntlichkeit zusammengesunkene Epidermis ein wenig vor. Wenn aber die Palisadenschicht mit abgestorben ist, entwickelt das darunter liegende gesunde Mesophyll eine ganz reguläre Tafelkorklage. An den Stengeln ist derselbe Vorgang zu bemerken: die gebräunten, abgestorbenen, abgesprengten äußeren Korklagen und Rindenparenchymschichten samt den bisweilen in die Nekrose einbezogenen Hartbastbündeln werden durch ein breites, in extremen Fällen bis an das Kambium reichendes Korkband vom gesunden Gewebe abgetrennt.

Bei *Vitis vinifera*, die schneller und stärker wie *Parthenocissus* leidet,

[1]) Alten, H., und Jännicke, W., Eine Schädigung von Rosenblättern durch Asphaltdämpfe. Bot. Zeitg. 1891, S. 195 u. S. 469.

so daß die Blätter bisweilen gänzlich verkräuselt und durchlöchert werden können, wurde beobachtet, daß an den leicht angegriffenen Stellen die Schließzellen der Spaltöffnungen zuerst gelitten hatten. Andere Pflanzen zeigten ein anderes Verhalten, betreffs dessen auf meine Originalarbeit verwiesen werden muß. Als allgemeines Merkmal aber darf die Korrosion der Epidermiszellen bezeichnet werden.

Wie bei allen Beschädigungen durch gasförmige Körper, wirkt ausschlaggebend der Umstand, ob chronische oder akute Beschädigung eintritt. Im ersteren Falle, bei langsamer Einwirkung, kann das angegriffene Organ durch Gegenreaktion sich lange am Leben erhalten und langsam ausleben. Dann sind die Merkmale andere als bei dem Einfluß hochkonzentrierter Gaswellen, die ein schnelles Absterben zur Folge haben. So wurde beispielsweise bei langsamem Absterben der Fichtennadeln in dem noch grünen Teile eine starke Rotfärbung des plasmatischen Inhalts der Schließzellen und später sogar der Wandungen derselben wahrgenommen, bei akuter Beschädigung aber nicht. Im ersteren Falle verfärben sich auch die Wände der Gefäßbündelelemente, wie überhaupt durch Asphaltdämpfe die Zellwände besonders schnell leiden. Man sieht dies namentlich schön an den metallisch glänzend werdenden älteren Tannennadeln.

Daß auch Asphalt- und Teerstaub schädigend wirkt, namentlich eine Hemmung der jungen Triebe bewirkt und Braunfärbungen veranlassen, ist neuerdings öfters beobachtet[1]).

Bleioxyd verwandte Korff[2]) als Zusatz zu kochendem Leinöl, um experimentell den Einfluß von Öldämpfen zu prüfen. Veranlaßt wurde er zu den Versuchen durch Schädigungen, welche in der Umgebung einer Leinöl- und Firnissiederei aufgetreten waren. Wie bei der Zersetzung der Fette durch Alkali ein Gemisch von fettsauren Alkalien, die Seife, entsteht, so bildet sich bei der Zersetzung von Fett mit Bleioxyd ein Gemisch entsprechender Bleisalze, das Bleipflaster. In beiden Fällen tritt als Nebenprodukt Glyzerin auf; bei starkem Erhitzen von Glyzerin oder von Fetten bildet sich der scharfe Dampf des Akroleins, der nach angebranntem Fett riecht und durch Oxydation schnell in die durch stechenden Geruch sich bemerkbar machende Akrylsäure übergeht. Je nach der Natur der Pflanze entstanden bald in den Interkostalfeldern, bald an den Randpartien der Blätter gelbe, rote oder braune Flecke, die sich bei längerer Einwirkung vergrößerten und auch wohl zusammenflossen. Die Zellen des Blattmesophylls, namentlich des Schwammparenchyms, waren durch Turgorverlust größtenteils zusammengesunken; der Zellinhalt war von der Wandung zurückgetreten, und die Chloroplasten bildeten grünlichgelbe bis bräunliche Massen. Schließlich wurden der strukturlose Zellinhalt und die Wandungen braun. Besonders auffällig war die Abscheidung von Gerbstoff in den Epidermiszellen, deren Zellinhalt in Eisenchlorid eine blauschwarze Färbung annahm. Das Fruchtfleisch von Äpfeln und Birnen, die vier Stunden lang den Öldämpfen ausgesetzt gewesen waren, zeigte einen ölig ranzigen Geschmack.

---

[1]) Gatin, C. L., Réproduction experimentelle des effects du goudronnage des routes sur la végétation avoisinante Compt. rend. Acad. des Sciences. CLIII, Okt. 1911.

[2]) Korff, G., Über Einwirkung von Öldämpfen auf die Pflanzen. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz 1906, Heft 6.

Da durch Kochen von Glyzerin erhaltenes Akrolein dieselben Erscheinungen hervorrief, so dürfte die Schädlichkeit der Öldämpfe im wesentlichen diesem Stoff zuzuschreiben sein.

Schwefelwasserstoff.

Sorauer hat einige Versuche mit Gerste angeführt. Es wurden die Kaliumpolysulfide der Schwefelleber benutzt, die teils in Stücken zwischen die junge, in Töpfen erzogene Gerstensaat gelegt, teils in Wasser von Untersätzen gebracht wurden, in denen Töpfe mit Gerstensaat standen. Ein zwischen den Pflänzchen ausgelegtes Bleipapier bräunte sich langsam. Nach sechs Tagen begann eine Vergilbung der Blätter, und zwar meist in der Mittelregion, seltener von der Spitze ausgehend. Die verfärbten Stellen sahen saftiger und durchscheinender aus als bei der durch andere Ursachen hervorgerufenen Vergilbung[1]). Der Gelbfärbung folgte eine Erschlaffung der Gewebestelle und ein Vertrocknen der darüber liegenden, noch grünen Blattfläche unter Annahme einer graugelben Farbe.

Das erste Symptom der Erkrankung ist hier stets die Bleichung des Chlorophyllfarbstoffs, der alsbald in den plasmatischen Zellinhalt überzutreten beginnt. Es geht nicht, wie bei anderen Vergiftungen, ein Zusammenziehen des Primordialschlauches oder Schrumpfen der Chloroplasten voran oder nebenher. Dafür aber ist ein stellenweises Übertreten des Zellwassers in die Interzellularräume bemerkbar, und daraus ist das durchscheinende Aussehen der vergilbten Stelle erklärlich. Sodann folgt ein Verschwinden der Grenzen der einzelnen Chloroplasten bis auf einen körnigen Rückstand, der in der Mitte der gesamten wolkig-trüben, bleich gelb-grünen Plasmamasse zusammengezogen ist. Man bekommt den Eindruck, daß hier der gesamte Zellinhalt zu einer gleichartig teigigen Masse verquillt, während man bei Chlor- und Salzsäurewirkung Schrumpfungserscheinungen, bei Schwefliger Säure aber Auftrocknungsvorgänge des differenziert bleibenden Inhalts wahrnimmt. Bei Hafer war die Bleichung des Chlorophyllfarbstoffs eine langsamere und weniger intensive. Infolge eintretender Wurzelerkrankung wurden die Gefäßbündelelemente tief braunwandig.

Über die Wirkung des Schwefelkohlenstoffes, besonders auf den Boden vgl. Hiltner[2]) und Muth[3]) sowie die 3. Aufl. dieses Bandes S. 268.

Leuchtgas und Azetylen.

Man hatte dem häufig im Leuchtgase vorhandenen Schwefelwasserstoff den schädlichen Einfluß zugeschrieben, den das Leuchtgas auf die Pflanzen ausübt. Die alleinige Ursache ist er nicht, da Kny[4]) nachgewiesen, daß auch das sorgfältig von Schwefelwasserstoff gereinigte Gas den Wurzeln schädlich ist. Aus der violettgrauen Färbung vieler Wurzeln bei den durch Leuchtgas geschädigten Bäumen ist zu ersehen,

---

[1]) Sorauer, P., Beitrag zur anatomischen Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. Landwirtsch. Jahrb. 1904, S. 643.

[2]) Hiltner, Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie. Arb. Deutsch. Landw. Ges. 1904, Heft 98.

[3]) Muth, Fr., Der Schwefelkohlenstoff in seiner Wirkung auf dem Boden und in seiner Anwendung im Weinbau. Mitt. d. Deutsch. Weinbau-Vereins IV (1909), S. 51.

[4]) Sitzungsber. d. Ges. naturforsch. Freunde zu Berlin in Bot. Zeit. 1871, S. 869.

daß es sich dabei um einen Erstickungstod wie den durch Sauerstoffabschluß handelt; auch dort findet sich, wie S. 135 gezeigt wurde, diese Farbe. Sie ist, verbunden mit dem Gasgeruch der Erde, vorläufig als das beste Merkmal zu bezeichnen, wenn es auch keine unbedingte Sicherheit gewährt. Es ist Wehmer[1]) zuzustimmen, daß bei Bäumen, die durch Leuchtgas im Boden zugrunde gegangen sind, manchmal das Merkmal nur spärlich zu finden ist. Letzterer Fall ist sehr erklärlich, da nur diejenigen Wurzeläste, die direkt mit dem schädigenden Agens in Berührung kommen, sich verfärben und das Absterben der Bäume veranlassen; die sekundär sterbenden Wurzeläste bleiben ungefärbt.

Die verschiedenen Bäume und Sträucher zeigen eine sehr große Maningfaltigkeit hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß des Gases. Während z. B. in den Knyschen Versuchen die Ulme sehr bald einging, hat *Cornus sanguinea* ohne wahrnehmbaren Schaden die Vergiftung mit Leuchtgas überstanden. Wie weit der Einfluß einer Gasleitungsröhre sich erstreckt, zeigt eine Analyse von Girardin[2]), wonach der Boden noch in einer Entfernung von 1 m brenzliche Öle, Schwefel- und Ammoniakverbindungen aufwies.

Ein weiteres Beispiel für das verschiedenartige Verhalten der Pflanzen gegen Leuchtgas führt Lackner[3]) an, dessen Beobachtungen sich aber auf den Einfluß beziehen, den Gas bei seiner Verbrennung im Zimmer ausüben soll. Den Kamellien und Azaleen ist ein Aufenthalt im Zimmer, wo viel Gas gebrannt wird, sehr schädlich, und Efeu soll darin bald zugrunde gehen; dagegen zeigen sich Palmen, Dracänen, *Aucuba Japonica* und andere Pflanzen gar nicht empfindlich[4]).

Die Versuche von Richter[5]) ergaben, daß Leuchtgas hemmend auf das Längen- und fördernd auf das Dickenwachstum bei Keimlingen von Bohnen und anderen Pflanzen wirkt. Daß bei der Verbrennung sich schnell steigernde Kohlensäuregehalt hierbei auf den Pflanzenkörper so schädlich wirke wie auf den Tierkörper, wie man früher anzunehmen geneigt war, ist nicht der Fall; es ist eher zu vermuten, daß einzelne Produkte der unvollkommenen Verbrennung des Leuchtmaterials die Schuld tragen.

Betreffs des Einflusses von Leuchtgas auf die Wurzeln zeigten Böhms[6]) Versuche mit Weidenstecklingen in Flaschen mit Wasser, welchem Leuchtgas zugeführt worden. daß die Wirkung eine langsam tötende war; die nach drei Monaten absterbenden Stecklinge hatten auf Kosten der gespeichert gewesenen Stärke neue, kurze Wurzeln gebildet. Die Wirkung war dabei weniger intensiv, als wenn das Wasser Kohlensäure zugeführt erhielt. In diesem Falle waren alle Neubildungen an dem im Wasser befindlichen Stengelteile unterblieben, während der obere

---

[1]) Wehmer, C., Über einen Fall intensiver Schädigung einer Allee durch ausströmendes Leuchtgas. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. X (1900), S. 267.

[2]) Jahresber. über Agrikulturchemie, Jahrg. VII (1866), S. 199.

[3]) Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenbaues in d. Kgl. Preuß. Staaten. Januar 1873, S. 22.

[4]) Über die besondere Empfindlichkeit von *Primula obconica, Cyclamen, Pelargonium* sowie die verhältnismäßige Widerstandsfähigkeit von *Aspidistra, Ficus elastica, Aucuba* und *Billbergia nutans*; vgl. Dunkmann, Wirkung des Leuchtgases auf Pflanzen. Gartenwelt XXIV (1920), S. 411f.

[5]) Richter, O., Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Ber. d. D. Bot. Ges. 1903, Heft 3.

[6]) Über den Einfluß des Leuchtgases auf die Vegetation. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien, LXVIII B.

Teil, der Thyllen in den Gefäßen bildete, noch krankhafte Triebe entwickelte; der Tod trat nach zwei Monaten ein. Bei anderen Versuchen, in denen Wasserstoff zum Wasser zugeführt wurde, war die Entwicklung nahezu normal. Vgl. Kohlensäureüberschuß.

Die Pflanzen starben auch, wenn Leuchtgas der Erde ihres Topfballens zugeleitet wurde. Samen, welche in Erde gelegt wurden, durch welche fast $2^1/_2$ Jahre lang Leuchtgas hindurchgegangen war, kamen nur zu einer höchst mangelhaften Entwicklung. Wurde durch solchen Boden während längerer Zeit ein Strom atmosphärischer Luft geleitet, so verlor die Erde ihren schädlichen Einfluß durchaus nicht, so daß man diese Wirkung wohl, wie bereits gesagt, vorzugsweise den teerartigen Produkten zuschreiben darf, welche sich im Boden in flüssiger oder fester Form absetzen.

Späth und Meyer[1]) fanden, daß schon eine verhältnismäßig geringe Gasmenge (25 Kubikfuß auf 14,19 qm Fläche bei 1,25 m Tiefe täglich verteilt) die mit dem Gas in Berührung kommenden Wurzeln tötet. Weniger schädlich zeigte sich selbst ein größeres Gasquantum, wenn dasselbe die Bäume in der Zeit der Winterruhe bestrich. Auch hier erwiesen sich die verschiedenen Baumarten von verschiedener Widerstandskraft.

Umfangreiche Untersuchungen über Leuchtgasbeschädigungen hat in den letzten Jahren seines Lebens Sorauer[2]) angestellt und die Ergebnisse in einem nachgelassenen Manuskript vereinigt. Er untersuchte als Gutachter über Gasschäden in Berliner Straßen neben diesen auch völlig gesunde Pflanzen, an Orten, die keinerlei Gasleitungen enthielten, und ließ dann etwa 1 m im Boden dorthin ein ganz fein durchlöchertes Gasrohr leiten, welches mehrere Monate Gas in den Boden ausstrahlte. Außerdem wurden noch Versuche in Kästen und Gewächshäusern angestellt. Bezüglich der Einzelheiten muß auf das Original verwiesen werden, die wesentlichsten Resultate sind, daß die Erscheinungen im allgemeinen auf eine Erstickung der Pflanzen bzw. ihre Wurzeln hinauslaufen. Sorauer fand, daß die normale Verdunstungs- und Assimilationstätigkeit durch den Gaszufluß herabgedrückt wird. Zuerst wird der Chlorophyllkörper angegriffen und reduziert; er wird verbraucht. Die Pflanze zehrt an ihrem eigenen Material und stirbt durch Erstickung der Wurzeln an Sauerstoffmangel. Ganz ähnlich, wie Neger (vgl. S. 842) als charakteristisches Merkmal der Rauchvergiftung die Lentizellenwucherungen hervorhebt, und wie wir oben S. 176ff. die Lentizellenwucherungen an Wurzeln und Stämmen als Folge des Sauerstoffmangels beschrieben haben, fand auch Sorauer an gasvergifteten Wurzeln und auch am Stengel ausgeprägte Lohkrankheiten, Neigung zu Intumeszenzbildung usw.

---

[1]) Späth und Meyer, Beobachtungen über den Einfluß des Leuchtgases auf die Vegetation von Bäumen. Landwirtsch. Versuchsstat. 1873, S. 336.

[2]) Sorauer, P., Untersuchungen über Leuchtgasbeschädigungen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XXVI (1916), S. 129—182, Taf. I und Textabb. — Weitere neuere Literatur vgl. Ehrenberg-Göttingen, Paul, Zur Gasvergiftung von Straßenbäumen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXIV (1914), S. 33—40. — Harvey, Edw. M., und Rose, R. C., The effects of illumination gas on root systems. Bot. Gaz. LX (1915), S. 27—49 (Äthylen). — Stone, Einfluß von Leuchtgas auf die Pflanzenwelt. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXV (1915), S. 87. — Ehrenberg, Paul, und Schultze-Göttingen, Karl, Zur Gasvergiftung von Straßenbäumen. Ebendort XXVI (1916), S. 65—83.

In seinen neuesten Untersuchungen setzt Wehmer[1]) auseinander, daß der schädlichste Bestandteil des Leuchtgases die Blausäure[2]) sei. Sowohl an Versuchen mit einer Reihe heimischer Gehölze in Töpfen wie in Wasserkulturen machte er die Beobachtung, daß während des Winters behandelte Pflanzen zwar scheinbar ganz normal blieben. im Frühjahr aber nicht oder nur schwächlich austrieben. Bei allen erwiesen sich die Wurzeln als abgetötet. Die Blausäure findet sich in Leuchtgasen stets aber in sehr schwankender Menge (im Versuchgas waren 0,01 Volumprozent). Durch Waschen mittels Alkali unter Zusatz von etwas Eisenvitriol eliminierte er die Blausäure, und nun blieb, wenn er den Gasstrom durch zwei Waschflaschen mit Kalilauge geleitet hatte, die heftige Wirkung auf die Wurzeln aus. Samen der Kresse keimten auch in dem Boden. Die sehr empfindliche Kresse blieb auch lebend; 0,02 Volumprozent Blausäure töteten sonst die Keimpflanzen in wenigen Tagen.

Als modernes, namentlich in Amerika ausgebildetes Bekämpfungsverfahren gegen tierische Schmarotzer an den Pflanzen ist neuerdings die Räucherung mit Blausäure in Aufnahme gekommen. Die geringe Schädlichkeit dabei liegt wohl darin, daß die Dämpfe eben nur kurze Zeit einwirken und der Stoff nicht dem Boden mitgeteilt wird. Wehmer fand ja auch, daß Wasserkulturen nach Entfernung der Blausäure weiterlebten. Für trockene Samen stellte Townsend[3]) fest, daß die Keimfähigkeit nicht leidet, wenn die Einwirkung der gasförmigen Blausäure nicht länger dauert, als zur Abtötung des Tierlebens nötig ist; längere Behandlung schädigt allerdings beträchtlich. Feuchte Samen leiden schneller und verlieren ihre Keimkraft.

Am zweckmäßigsten erscheint vorläufig das durch Böhm empfohlene Verfahren von Juergens, die Gasröhren der Straßen usw. in glasierte Tonröhren zu legen, welche Ausmündung in die Beleuchtungskandelaber haben, so daß innerhalb der Tonröhren eine dauernde Ventilation stattfinden kann.

Bezüglich der Azetylenvergiftung[4]) hat Brizi[5]), der in einer italienischen Stadt ein Absterben von *Quercus ilex* an einem Leitungsstrange dieses Gases wahrnahm, Versuche angestellt. Krautartige Pflanzen gingen in den Töpfen, welche Azetylen zugeführt bekamen, unter Vertrocknungserscheinungen zugrunde. In den Palisadenzellen von *Coleus*

---

[1]) Wehmer, O., Leuchtgaswirkung auf Pflanzen. 5. Wirkungen auf Holzpflanzen. Berichte d. D. Bot. Ges. XXXVI (1918), S. 460—464 (1919). (Ref. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI [1921], S. 36.). Vgl. auch ebendort XXXV (1917), S. 145ff., 403ff.; XXXVI (1918), S. 140ff. (Ref. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI [1921], S. 34ff. — Wehmer, O., Versuche über Blausäurewirkung auf Pflanzen. Biochem. Zeitschr. XCIII (1919), S. 364—375.

[2]) Über die Giftwirkungen der Blausäure auf verschiedene höhere Pflanzen und Pilze vgl. Jungmann, W., Physiologisch-anatomische Untersuchungen über die Einwirkung der Blausäure auf Pflanzen. Ber. Dt. Bot. Ges. XXXIX (1921), S. 84—87. — Stoklasa, J., Action de l'acide cyanhydrique sur l'organisme des plantes. Compt. rend. séanc. acad. sc. Paris CLXX (1920), S. 1404—7; vgl. beide Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXIII (1923), S. 30ff.

[3]) Townsend, W. O., Über die Wirkung gasförmiger Blausäure usw. Bot. Gaz. XXXI, 241 (1901); vgl. Bot. Jahresber. 1902, 2, S. 354.

[4]) Vgl. auch Wilk, Leop., Rauchschäden durch die Aluminium- und Karbidfabrikation. Archiv für Chemie und Mikroskopie IX, Wien 1916, S. 176—189.

[5]) Brizi, U., Sulle alterazioni prodotte alle piante coltivate dalle principali emanazioni gasose degli stabilimente industriali. Staz. sperim. agrar. Ital. XXXVI, S. 279—384, 2 Abb.; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XIV (1904), S. 160.

waren die Zellkerne verschwunden; die Wurzeln hatten ihre Haare verloren; die Seitenwürzelchen erschienen welk, gequetscht und braun; die Rindenzellen entbehrten jeder Flüssigkeit. Bei *Evonymus Japonica* erwiesen sich die Pflanzen in trockenem Boden nach sieben Tagen noch normal, während sie in feuchter Erde nach sechs Tagen bereits die Blätter abwarfen und die meisten jungen Wurzeln abgestorben zeigten. Lorbeer und Weinstock verhielten sich ähnlich. Brizi sieht die Wirkung der im Azetylen enthaltenen Gase und Beimengungen in einer Entziehung der normalen, sauerstoffhaltigen Luft, so daß die Wurzeln ersticken, und meint, daß Leuchtgas ganz analog, aber noch heftiger wirken werde. Die Feuchtigkeit des Bodens fördert darum die Schädlichkeit, weil sie seine Durchlässigkeit für die Gase herabdrückt.

Die Ansicht Brizis von der erstickenden Wirkung, die Leuchtgas in seinen mitgeführten Produkten auf die Wurzeln ausübt, findet insofern eine Stütze als, wie schon hervorgehoben wurde, bei Gasvergiftungen der Wurzeln dieselbe violette bis stahlblaue Farbe des Holzkörpers auftritt wie bei mechanischer Erstickung; Sorauer und Graebner konnten an solchen deutlich einen Buttersäuregeruch wahrnehmen

Dreizehntes Kapitel

Feste Auswurfstoffe[1]).

Metallische Bestandteile des Hüttenrauches.

Diese (s. Tabelle) kommen bei der Flugaschenfrage zur Geltung Nach Freytags[2]) Untersuchungen erweisen sich reine Metalloxyde meist unschädlich. Als Futter für Tiere wird natürlich Laub mit derartigen Oxyden nicht zu verwenden sein, da leicht Entzündungskrankheiten auftreten können.

Als unlösliche Oxyde, als Karbonate und Silikate schaden die metallischen Bestandteile des Hüttenrauches den oberirdischen Pflanzenteilen kaum mehr als etwa Straßenstaub. Lösliche Verbindungen dagegen, wie arsenige Säure, Sulfate und Chloride (es handelt sich hier vorzugsweise um Kupfer, Zink und Blei), erzeugen durch Korrosion des Gewebes braune Flecke, sobald sie auf vorher benetzte Blätter gelangen. Auf trockenem Laube sollen sie nicht schaden, und eine nachfolgende Benetzung durch Regen wäscht leicht den Überzug wieder ab. Quecksilberdämpfe wirken oberirdisch stets schädlich (vgl. auch S. 856ff). Die durch Regen in den Boden hinabgewaschenen Verbindungen werden

---

[1]) Über die oft überschätzte verstopfende und vergiftende Wirkung des Rußes und Staubes vgl. besonders Neger, Krankh. unserer Waldbäume 1919, S. 57. — Über Asphalt, Teerstaub usw. vgl. bei den betr. Kapiteln ebenso Schweflige Säure, S. 858. — Haselhoff, E. berichtet (Versuche über die Einwirkung von Flugstaub auf Boden und Pflanzen. Landw. Jahrb. LIV (1919), S. 289—319) neuerdings ausführlich über langjährige Versuche. Manche Pflanzen zeigten starken Rückgang, andere, wie Weizen und Runkelrüben, erhebliche Ertragssteigerungen. — Janson, Kalkstaub und Obstblüte. Gartenwelt XXIII (1919), S. 300. Durch Kalkstaub kann die Narbe dicht belegt werden, so daß kein Pollen haftet. — Ewert, R., Verstopft der Zementstaub die Poren der Pflanzen? Zement 1919, S. 55—57. Keine Schädigung.

[2]) Freytag in Jahrb. für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1873, S. 24 u. 36, vgl. bei Hasenclever. — Landwirtsch. Jahrb. 1882, S. 315—357. Verf. weicht betreffs der Rauchwirkung insofern von Schröder ab, als er nicht die schweflige Säure als solche, sondern erst die aus ihr sich bildende Schwefelsäure für das schädigende Agens hält.

vom Boden absorbiert und dadurch meist unschädlich. Eine große Anhäufung von Arsen (von 0,1% ab) ist nachteilig. Die Experimente von Phillips[1]) bestätigen, daß gesunde Pflanzen durch Aufnahme von Blei und Zink keine Wachstumsstörungen erleiden; dagegen wirkt Kupfer ebenso wie Arsen giftig, wobei die Wurzelausbildung gestört wird. Einen Nachweis arseniger Säure in Pflanzen liefern Klien[2]) und zahlreiche neuere Beobachter. Solche Vergiftungen des Bodens können z. B. in der Nähe von Kupferhüttenwerken eintreten, und in einem Prozesse gegen die Mansfeld-Hettstädter Kupferhüttenwerke weist Grouven auch speziell auf diesen Punkt hin[3]). Sorauers Erfahrungen in derselben Gegend zeigen, daß zur Zeit große Ackerflächen vergiftet sind und trotz reichlichster Düngung sehr mangelhafte Ernten liefern. Daß hier nicht Rauchgase die schädigenden Faktoren allein mehr sind, sondern der an Kupfersalzen reiche Boden, beweisen die Versuche, bei denen der unfruchtbar gewordene Boden aus der Nähe der Kupferwerke ausgehoben und in rauchfreie Gegend gebracht worden war. Auch am letzteren Orte waren die Pflanzen (*Phaseolus vulgaris*) erkrankt, während die daneben gesäten auf dem an Ort und Stelle gewachsenen Boden der rauchfreien Gegend gesund und kräftig sich weiter entwickelten.

Wieviel die Pflanzen während einer Vegetationsperiode an Metallen aufnehmen können, zeigt eine Analyse von Kartoffeln, deren Kraut von dem metallischen Flugstaub aus einer Nickelfabrik bestrichen wurde.

Gesundes Laub enthielt (in Prozenten der wasser- und sandfreien Substanz):

Kupferoxyd	0,0198
Zinkoxyd	0,0169
Nickeloxyd	—

Krankes Laub enthielt (in Prozenten der wasser- und sandfreien Substanz):

Kupferoxyd	0,0713
Zinkoxyd	0,1712
Nickeloxyd	0,0251

Die zugehörigen Knollen aber zeigten gar kein Zink- und Nickeloxyd und nur 0,0043% Kupferoxyd gegenüber den gesunden Knollen, welche 0,0041% besaßen.

Neben Kupfervergiftungen ragen wegen ihrer Schädlichkeit die Arsenverbindungen[4]) hervor, die (nach v. Schröder) schon in Mengen unter 0,1% im Boden die Vegetation beeinträchtigen.

Indes sorgt die fortschreitende Technik dafür, daß sowohl Arsenik wie auch die löslichen Metallsalze des Rauches in den Flugstaubkanälen immer mehr zurückgehalten werden, so daß im jetzigen praktischen Betriebe neue Metallvergiftungen des Bodens weniger zu befürchten sind.

Dennoch beanspruchen die Flugaschenauswürfe eine erhöhte Aufmerksamkeit. Eine Reihe von Versuchen Sorauers hat gezeigt, daß

---

[1]) Phillips, The absorption of Metallic Oxides by plants Chimic. News XLVI, S. 224 (1832); vgl. Bot. Centralbl. XIII (1883), Nr. 11, S. 364.

[2]) Chemischer Ackersmann 1875, Heft 4.

[3]) Fühlings neue landwirtsch. Z 1871, S. 534.

[4]) Vgl. auch Reh, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XX (1910), S. 59.

man mit manchen Flugaschen, die dem Boden beigemengt werden, eine sichtliche Wachstumsförderung erzielen kann, während aus anderen Betrieben stammende Proben eine vergiftende Wirkung ausüben. Dieselbe ist weniger oft eine direkte Beschädigung der oberirdischen Pflanzenteile, sondern häufiger eine indirekte, die in dem Einfluß auf gewisse, schwere, wasserreiche Bodenarten sich geltend macht. Bei den oberirdischen Beschädigungen können Schwefelnatrium und Schwefelkalzium Ätzwirkungen an einzelnen zarteren Pflanzen hervorrufen, bei den indirekten Schädigungen ist die Wirkungsweise noch nicht genügend aufgeklärt. Nach Sorauers Ansicht handelt es sich teilweise um Reduktionserscheinungen im Boden, bei denen Schwefelwasserstoff (s. S. 863) entwickelt wird.

In den durch Flugasche stark überschütteten schweren Böden, namentlich wenn dieselben reiche Kalkdüngung erhalten haben, tritt bei Gerste eine Krankheitserscheinung, die Sorauer als „Fleckennekrose" bezeichnet hat, so hochgradig auf, daß die Ernte eine außerordentlich starke Einbuße erfährt. Alle Teile der Pflanze bis zu den Grannen der Spelzen erscheinen dicht braunpunktiert. Die braunen Punkte stellen abgestorbene Gewebeinseln dar, bei denen Parasiten bestimmt nicht die Ursache sind. Es können später sich Schwärzepilze ansiedeln, und man hat dann diese Komplikation als „Hormodendronkrankheit" beschrieben. Die Fleckennekrose ist jedoch nicht spezifisch für die Flugaschengebiete, aber unzweifelhaft dort am intensivsten. Gemildert sah Sorauer diese Erkrankung nach kräftiger Kalkdüngung.

Die meisten Hinweise auf die schädigende Wirkung von Schwefelwasserstoff finden wir in den Gutachten von Steffeck[1]). Dort wird auch der vielfachen Entwertung der Feldfrüchte durch mechanische Überschüttung gedacht. Auch sonst sind Fälle bekanntgeworden, in denen eine Einlagerung von Asche in Gemüsepflanzen, namentlich Kohlarten, so stark war und so wenig sich entfernen ließ, daß die Pflanzen minderwertig oder überhaupt unverkäuflich wurden. Nach starker Überschüttung von Futterrunkeln und Zuckerrüben, deren Blattköpfe später verfüttert wurden, gingen einzelne Stücke des Viehbestandes ein. Man fand bei diesen Tieren im Magen ganz unglaubliche Mengen von Asche.

Sodastaub, Oxalsäure.

Über die Schädlichkeit von Natrondämpfen berichtet Ebermayer[2]). Bei der Gewinnung der Zellulose wird Natronlauge unter erhöhtem Druck auf zerkleinertes Kiefernholz einwirken gelassen. Behufs Rückgewinnung des Natrons wird die benutzte Lauge eingedampft und der Rückstand zur Zerstörung der organischen Substanz verbrannt. Dabei gelangt viel kohlensaures Natron in die Umgebung. Obstbäume in der Nähe solcher Fabriken zeigten die Blätter braun oder schwarz gefärbt und in kurzer Zeit abgestorben.

Dieselbe Färbung nahmen Blätter an, die in eine verdünnte Sodalösung von 1,01 spez. Gewicht getaucht wurden. Apfelblätter erschienen etwas weniger widerstandsfähig als Birnen und Pflaumen.

---

[1]) Steffeck, Die durch gewerbliche Einwirkungen hervorgerufenen Flurschäden und Verunreinigungen von Wasserläufen und Teichen. Magdeburger Zeitung 1907, Nr. 329 u. 331.

[2]) Ein Beitrag zur Pathologie der Obstbäume. Tagebl. d. Naturf.-Vers. zu Hamburg, vgl. Biedermanns Centralbl. 1877, II, S. 318.

Betreffs des Sodastaubes sind bisher nur Fälle bekanntgeworden, wo Soda aus Ammoniaksodafabriken durch eine unzulässige Ventilation der Fabrikräume verstäubte. Die durch Tau oder Regen gelöste Soda ruft durch Absterben der Blattränder oder auch durch einzelne Ätzflecke leicht bei manchen Bäumen das Bild einer Beschädigung durch saure Gase hervor.

In zweifelhaften Fällen hilft dem Experten aber hier die Beschaffenheit der wilden Gräser und namentlich der Getreidehalme, welche eine zitronengelbe Färbung einseitig annehmen. Je nach der Zeit und Intensität des Entweichens des Sodastaubes kann Getreide taub werden und die Baumvegetation allmählich durch eine alljährlich sich wiederholende Blattbeschädigung zum Absterben gebracht werden. Übrigens sind die einzelnen Pflanzenspezies in sehr verschiedenem Maße empfindlich und verhalten sich manchmal widerstandsfähig gegen Soda und empfindlich gegen saure Rauchgase und umgekehrt. Künstlich von Sorauer vorgenommene Bestäubungsversuche an Getreide und wilden Gräsern (*Agropyrum repens*, *Agrostis vulgaris*, *Lolium* usw.) in betautem Zustande ergaben das Auftreten derselben Gelbfärbung auch an den Spelzen, wie bei den natürlichen Beschädigungen[1]), die bis auf 2 km Entfernung von der Fabrik nachweisbar waren. König[2]) beobachtete, daß Gerstenblätter weiß gerändert wurden; Rotklee soll zuerst kleine schwarze Flecke auf den Blättern zeigen, später werden einzelne ganz schwarz und fallen ab; ebenso bei Kartoffeln. Bei Eichen wie bei Kirschen fand König neben den braunen Blatträndern auch Löcher vor. Weißtannenadeln sollen gelbspitzig werden und abfallen. Auf Grund seiner Analysen sieht genannter Autor die Wirkung der Soda nicht nur in einer Humifizierung der Blattsubstanz, sondern in der Aufnahme von Soda durch die Blätter, von wo aus dieselbe bis zur Wurzel wandert. Mit der Steigerung der Natronmenge erfolgt gleichzeitig eine Zunahme an Säuren, namentlich Kiesel- und Schwefelsäure[3]); vielfach nehmen auch Phosphorsäure und Chlor zu. Diese Gegenreaktion des Pflanzenkörpers zeigt sich im umgekehrten Sinne auch bei den Beschädigungen durch saure Gase, bei denen die noch nicht über ein gewisses Maß beschädigten Blätter mehr Basen enthalten als die gesunden.

Muth[4]) hat neuerdings einen sehr ausführlichen Bericht über Schädigungen durch Fabrikstaub gegeben, der bis 27,6% (!) Oxalsäure enthielt, und zwar in der Hauptsache als Natriumsalz. Die Zweige und Blätter waren vielfach verkrümmt und gebräunt. Zahlreiche Versuche bestätigten die Beobachtungen.

Fangpflanzenmethode[5]).

Über die technischen Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung der Rauch- und Flugaschebeschädigungen muß auf die technischen

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1892; S. 154, Anmerk.

[2]) Börner, Haselhoff und König, Über die Schädlichkeit von Sodastaub und Ammoniakgas auf die Vegetation. Mitgeteilt von König, Landwirtsch. Jahrb. XXI, S. 407 (1892); vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 98.

[3]) Nur bei Roggen fand König (Denkschrift 1896, S. 207) trotz höheren Gehaltes an Natron weniger Asche, namentlich weniger Kieselsäure. Es scheint ihm, daß durch die Soda im Halme Kieselsäure gelöst und ausgewaschen wird.

[4]) Muth, Fr., Über die Beschädigung der Vegetation durch oxalsaure Salze und über die Aufnahme von schlechten Geruchsstoffen durch die Trauben. Jahresber. Ver. f. angew. Bot. IX (1911), S. 218—240 mit 1 Taf. u. 4 Abb.

[5]) Vgl. darüber besonders Stoklasa, Beschädigungen der Vegetation (s. S. 832), S. 105ff.

Handbücher verwiesen werden. Wohl aber möchten wir hier eine Methode behufs Klärung der Frage angeben, ob die wahrgenommenen Schäden mit der Bodenvergiftung zusammenhängen oder rein oberirdische Wirkungen der säurehaltigen Gaswellen sind. Zu diesem Zwecke bediente sich Sorauer des „Fangpflanzenbaues". Diese Methode besteht darin, daß in die klägerischen Äcker Holzkästen von mindestens 1 cbm Inhalt eingestellt und mit einer Erde angefüllt werden, welche vor Zeugen aus rauchfreier Gegend entnommen worden ist. Anderseits kommt die aus dem klägerischen Acker ausgehobene Erde in ebensolche Kästen, die aber auf einem Acker in rauchfreier Gegend eingegraben werden. Beide Kästenkategorien werden dann in ganz gleicher Weise mit Bohnen (*Phaseolus vulgaris nanus*) besät und gleichzeitig nach einer Reihe von Wochen geerntet. Die Ernte wird mikroskopisch und chemisch untersucht. Stoklasa (a. a. O. S. 106) beobachtete, daß *Lupinus angustifolius* schon bei 0,0004 bis 0,0008 Volumprozent zersetztes Chlorophyll zeigte, am resistentesten war *Capsella bursa pastoris*.

Eine Bodenvergiftung wird dadurch bewiesen, daß die Pflanzen in dem aus dem klägerischen Acker stammenden Boden in den in rauchfreier Gegend eingesenkten Kästen unter denselben Merkmalen wie die vor der Rauchquelle erkranken. Wenn dagegen die in der Nähe des schädigenden industriellen Etablissements auf dem klägerischen Acker eingesenkten, mit Erde aus rauchfreier Gegend angefüllten Kästen an ihren Bohnen die Merkmale der Rauchvergiftung erkennen lassen, so ist der Hinweis gegeben, daß die gefährliche Rauchanlage allein schon hinreicht, das Pflanzenwachstum zu schädigen.

Diese vergleichenden Kulturen haben den Vorteil, den streitenden Parteien schon einen dem Laien erkennbaren Einblick in die Schädigungsart zu geben und dadurch eine gütliche Einigung anzubahnen und den langwierigen Prozeßweg zu vermeiden. Betreffs der Prozesse ist die Bildung staatlicher Rauchkommissionen anzustreben. Wir verstehen darunter bestimmte Personen aus den Kreisen der Botaniker, Chemiker, Land- und Forstwirte, welche zu Sachverständigenkommissionen zusammentreten und für die einzelnen Bezirke stets dieselben sind. Durch die Beibehaltung derselben Persönlichkeiten erhalten dieselben einen genaueren Einblick in die speziellen Verhältnisse ihres Bezirkes und ein gesichertes Urteil in diesen schwierigen Fragen.

Vierzehntes Kapitel.

Abwässer.

S. 105 ist auf die Schädlichkeit humushaltiger Abwässer und in Zersetzung begriffener organischer Substanzen durch den Sauerstoffentzug hingewiesen. Neuerdings betont Lumière[1]) die schädliche Einwirkung von Regenwasser, in dem Laubblätter mazeriert waren, auf die Keimung von Samen selbst in stärkerer Verdünnung. Geschah die Mazeration durch koliähnliche Bakterien, so zeigte die Flüssigkeit noch nach drei Monaten die gleiche hemmende Fähigkeit. Zugleich sei hier nochmals auf

[1]) Lumière, Aug., Action nocive des feuilles mortes sur la germination. Compt. rend. séanc. Acad. sc. Paris CLXXII (1921), S. 232—234; vgl. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XXXIII, 33 (1923).

die S. 186 erwähnten Arbeiten von Montfort[1]) hingewiesen, in denen die Giftwirkung des Hochmoorwuchses auf Nichthochmoorpflanzen nachgewiesen wird.

Kochsalzreiche Wässer.

Von allen Schädigungen, die durch Abwässer veranlaßt werden, sind die durch Kochsalz hervorgerufenen die häufigsten. Besonders begegnet man denselben in solchen Gegenden, in denen sich Salinen oder Salzbergwerke befinden, oder in denen eine große Steinkohlenförderung stattfindet. Aus den Analysen, welche König[2]) in Gemeinschaft mit Storp[3]), Stood[4]) und Haselhoff[5]) veröffentlicht hat, geben wir einige Zahlen über die Zusammensetzung von Grubenwässern[6]), die zur Genüge zeigen, um welche Mengen von Chlornatrium und anderen Salzen es sich bisweilen handelt. Es enthält pro 1 l:

Name der Zeche	Chlornatrium	Chlorkalzium	Chlormagnesium	Kaliumsulfat	Magnesiumsulfat
Levin	65,949 g	11,056 g	3,736 g	0,659 g	—
Matthias Stinnes	33,244 g	3,631 g	1,735 g	—	0,042 g
Saline Königsborn	45,413 g	4,061 g	0,189 g	—	1,256 g

Man kann aus diesen Beispielen leicht ermessen, welchen Einfluß Berieselungen oder gar Überflutungen mit derartigen Lösungen ausüben werden. Die Wirkung wird sowohl eine direkte als auch eine indirekte durch die Veränderungen sein, welche der Boden erleidet. In letzterer Beziehung kommt zunächst der Umstand in Betracht, daß die Bodennährstoffe (Kali, Kalk, Magnesia, unter Umständen auch Phosphorsäure) in erhöhter Menge gelöst und ausgewaschen werden. Der Auswaschungsprozeß beginnt schon bei 0,5 g Kochsalz pro Liter; mithin sind alle Wässer mit größerem Gehalt schon zur Berieselung bedenklich. Dem Nährstoffverlust des Bodens entsprechend zeigten auch Topfversuche mit Wiesengräsern einen wesentlichen Rückgang der geernteten Substanz.

Ein zweiter Nachteil der Berieselung mit kochsalzhaltigem Wasser ist das Dichtschlämmen[7]) des Bodens; es genügen schon 0,41 % Kochsalz im Boden, um denselben infolge Verdichtung unfruchtbar zu machen. In der Nähe von Salzwerken sah Sanna[8]) ein Überwiegen von Feinerde gegenüber den groben Bestandteilen und macht darauf aufmerksam, daß durch die verminderte Luftzufuhr die Arbeit der Bodenbakterien aufgehalten wird. Solche Böden müssen unbedingt vor Winter in rauhe Furche gelegt werden, damit sie durch den Frost wieder eine Auflockerung erfahren. Endlich aber ist noch ein Punkt, auf den Peglion[9]) aufmerksam

---

[1]) Montfort, Cam., Die aktive Wurzelsaugung aus Hochmoorwasser im Laboratorium und am Standort und die Frage seiner Giftwirkung. Jahrb. f. wiss. Bot. LX (1921), S. 184—255.

[2]) Die landwirtsch. Versuchsstat. Münster i. W. Denkschrift 1896, S. 153.

[3]) Landwirtsch. Jahrbücher XII (1883), S. 795.

[4]) Ebenda S. 897.

[5]) Landwirtsch. Versuchsstat. 1899, S. 113.

[6]) Vgl. auch Fricke, Haselhoff u. König, Landwirtsch. Jahrbücher 1893, S. 845.

[7]) Vgl. auch Thumm, K., R. Kolkwitz u. P. Schiemenz, Zur Frage der Beseitigung d. Kaliabwässer. Mitt. Kgl. Landesanst. f. Wasserhygiene, Berlin-Dahlem, XXII (1917).

[8]) Sanna, A., Einfluß des Seesalzes auf die Pflanzen. Staz. sperim. XXXVII; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1904, S. 826.

[9]) Peglion, V., Der Salzgehalt des Bodens und seine Wirkung auf die Vegetation des Getreides. Staz. speriment. agrar. ital. 1903; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1904, S. 507. — Ricôme, Influence du chlorure de Sodium etc., C. S. XXXVII (1903), S. 141; vgl. Zeitschrift für Pflanzenkrankh. 1904, S. 222. — Warming-Graebner, Lehrb. ökol. Pflanzeng., 3. Aufl.

macht, zu verzeichnen. Er studierte die eigenartige Ährenverkümmerung, die mit „Garbin" bezeichnet und der Wirkung der Seewinde zugeschrieben wird. Nach dem genannten Beobachter trägt aber die physiologische Trockenheit die Schuld daran. Der Salzboden hält das Wasser so fest, daß die Wurzeln dasselbe nicht in genügender Menge aufzunehmen vermögen. — Graebner beobachtete namentlich mit Kanalinspektor Breitenbach in Artern auf den Wiesen der durch Kaliwerke versalzenen Gewässer[1]) der Unstrutniederung die Erscheinung des Dichtschlämmens in großem Maßstabe, wie er mehrfach gutachtlich bezeugt hat. Wo das schwach salzige Wasser in kleineren oder größeren abflußlosen Salzpfannen aufstaut und eindunstet, ist eine alljährlich zunehmende Versalzung und Dichtschlämmung zu sehen, die stellenweise bereits bedrohliche Formen angenommen haben (z. B. Entenpfütze bei Wendelstein unw. Roßleben). Auf dicht geschlämmtem Gelände wurzelten gute Gräser (z. B. *Agrostis alba*) und Getreide nur noch wenige Millimeter tief in dem luftarmen Boden.

Bezüglich der direkten Wirkung ist zu berücksichtigen, daß sich die Pflanze je nach ihrer Eigenart dem kochsalzhaltigen Wasser teilweise anpassen kann und demgemäß ihren Habitus ändert. Bei Wiesengräsern hat Höstermann[2]) nachgewiesen, daß dieselben Xerophytenstruktur annehmen; sie werden kleiner, gedrungener, die Internodien kürzer und die Blätter kleiner; die Bestockung ist gering und der Wurzelkörper schwach entwickelt. Die Transpiration geht zurück, und die Assimilationsenergie wird schon bei 0,05 % gehemmt. Betreffs der Keimkraft der Samen wurde beobachtet, daß schwache Konzentrationen (0,5 bis 0,75 %) förderlich wirken, daß aber darüber hinaus eine Schädigung eintritt.

Andere Anpassungserscheinungen erwähnt Areschoug[3]), indem er als Schutz gegen die Anhäufung von Chloriden das Festhalten von Wasser in Geweben (Speichertracheiden, Schleimzellen) ansieht, die direkt nicht mit der Assimilation zusammenhängen. Auch scheinen die Hydathoden chlornatriumhaltiges Wasser auszuscheiden. Die Struktureinrichtungen zur Hemmung der Transpiration sah Diels[4]) sich steigern, je salzreicher der Standort der Pflanzen sich erwies. Daraus wäre zu schließen, daß die Strandvegetation an Wasserbecken von verschiedenem Salzgehalt auch abweichend sich verhalten wird. Auf diesen Punkt macht Rostrup[5]) auch tatsächlich aufmerksam. Die Kiefer leidet am meisten, die Birke am wenigsten[6]). Aus den von der ökonomischen Gesellschaft des Amtes Maribo nach den Überschwemmungen in den Jahren 1858, 1863 und 1865 gemachten Aufzeichnungen geht hervor, daß die Wirkung des Salzwassers um so schwerer war, je lehmhaltiger der Boden sich erwies. Von

---

[1]) Vgl. auch oben S. 872, Fußnote [7]) (Thumm).

[2]) Höstermann, Einfluß des Kochsalzes auf die Vegetation von Wiesengräsern. Landwirtsch. Jahrb. Suppl. 1901; vgl. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1903, S. 211.

[3]) Areschoug, F. W., Untersuchungen über den Blattbau der Mangrovepflanzen. Bibl. bot. LVII, 1902; vgl. Bot. Jahresber. 1902, II, S. 295.

[4]) Diels, L., Stoffwechsel und Struktur der Halophyten, Jahrb. wiss. Bot. XXXII (1898); vgl. Bot. Jahresber. 1898, 1, S. 606.

[5]) Rostrup, Plantepatologi, S. 74, 75.

[6]) Vgl. auch Janka, Gabbiel und Liburnau, N. L. R von, Die Einwirkung von Süß- und Salzwässern auf die gewerblichen Eigenschaften der Hauptholzarten. II. Teil: in chemischer Hinsicht. Wien, W. Frick 1907. — Petri, Beobachtungen über schädliche Wirkungen einiger Substanzen auf den Ölbaum. Centralbl Bakt., Paras. usw. 1910, 2 Abt. 28, S. 153ff. mit Textabb.

den überschwemmten Wintersaaten litt der Roggen mehr wie der Weizen. Bei den Frühjahrssaaten auf dem durchsalzenen Boden wurden Gerste und Erbsen am meisten geschädigt. Runkelrüben, Kartoffeln, Weißklee und Raygras schienen nicht sehr unter der Einwirkung des Salzbodens zu leiden, dagegen war Rotklee sehr empfindlich. Bei den mit künstlicher Kochsalzdüngung von Wohltmann[1]) ausgeführten Versuchen zeigten von Sommerhalmfrüchten Gerste und Weizen große Empfindlichkeit, während Winterweizen noch bei sehr starken Gaben von Kochsalz leidlich gedieh. Erbsen versagten bei starker Düngung gänzlich. Hafer war widerstandsfähiger. Am wenigsten empfindlich erwies sich Winterroggen. Bei den Kartoffeln war der Stärkegehalt sehr herabgegangen, der Proteingehalt nicht beeinflußt, die Aschenmenge gestiegen. Bei Zucker- und Futterrüben wurde das Erntequantum erhöht, ohne daß der Zuckergehalt zurückging. Man merkt hier die Abstammung von der Strandpflanze. Schweinfurth bemerkt, daß in Ägypten Weizen noch auf recht salzhaltigem Boden gedieh, wenn er dauernd feucht blieb, aber abstarb, sobald er an Feuchtigkeit verlor.

Bei Bäumen macht sich die Wirkung des Salzbodens erst geltend, nachdem sie längere Zeit das Salz gespeichert haben. So fand Weber[2]), der übrigens die Ansicht vertritt, daß in manchen Fällen nicht der Salzüberschuß, sondern die Versumpfung die Ursache des Absterbens sei, bei vergilbenden Zweigen von *Salix viminalis* im Lahntale bei Bersenbrück, wo die Grubenwässer von Eversburg einfließen, daß die Blätter einen Chlorgehalt von 1,309 %, die der gesunden Pflanzen nur 0,877 % besaßen. Betreffs des Verhaltens von Zierpflanzen finden wir reichliche Angaben in einer Arbeit von Otto[3]), der als allgemeines Merkmal ein Rotspitzigwerden der Pflanzen vor dem Absterben angibt.

Abgesehen von den Grubenwässern macht sich der hohe Kochsalzgehalt besonders auf den Rieselfeldern gelten. Namentlich im Sommer wird die Konzentration der Spüljauche relativ groß, und man sieht viele Gewächse „verbrennen", wie der Rieselwirt sagt. Sehr empfindlich hat sich der Tabak erwiesen, so daß man mit der Tabakkultur bisher völlige Mißerfolge gehabt hat, wie Ehrenberg[4]) hervorhebt, der die gesamten Schädigungen durch Spüljauche sehr eingehend behandelt.

In den großen Städten kommt aber die Kochsalzfrage noch nach anderer Richtung hin in Betracht, nämlich bei dem Auftauen der Straßenbahnen und als Streumittel auf Bürgersteigen. In Berlin ist dies zwar verboten, aber man täuscht die Polizei dadurch, daß das Salz mit Sand vermischt wird[5]). Das zur Beseitigung des Schnees verwendete Salz schmilzt und dringt dort in den Boden, wo die Straße nicht asphaltiert ist. Im Frühjahr treiben die Bäume zwar aus, aber im Laufe des Sommers gehen sie bei Anwesenheit zu großer Mengen zugrunde. Auch hier ver-

---

[1]) Wohltmann, F., Die Wirkung der Kochsalzdüngung auf unsere Feldfrüchte. Landw. Zeit. f. d. Rheinprovinz 1904, S. 46.

[2]) Weber, C., Kritische Bemerkungen usw., Osnabrück (Kisling) 1897; vgl. Bot. Jahresber. 1898, 2, S. 301.

[3]) Otto, R., Über durch kochsalzhaltiges Wasser verursachte Pflanzenschädigungen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XIV (1904), S. 136.

[4]) Ehrenberg, Paul, Einige Beobachtungen über Pflanzenschädigungen durch Spüljauchenberieselung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XVI (1906), S. 193.

[5]) Weiss, A., Zeitschr. f. Gartenbau und Gartenkunst 1894, Nr. 37. In den letzten Jahren geschieht das Salzstreuen ganz unverhüllt.

halten sich die einzelnen Baumarten in verschiedenem Grade widerstandsfähig[1]). Übrigens ist die Wirkung einer Kochsalzlösung verschieden, je nachdem sie ständig die Wurzeln bespült oder der Boden zeitweise austrocknet; letzterer Fall ist der gefährlichere.

Marloth[2]) hat über das Absterben von Pfirsichen (gepfropft auf Aprikosen und Pflaumen) in Südafrika berichtet; er möchte (brieflich) dieses auf die Anwesenheit von Chloriden im Boden zurückführen. Der Boden, der oben locker steinig ist, ist in geringer Tiefe (etwa 0,6 m) undurchlässig fest. Nach eingesandten Zweig- und Wurzelstücken ist das äußere Krankheitsbild dem des Peach Yellow (s. bei enzymatischen Krankheiten, 16. Kapitel) ähnlich; die durch P. Graebner jun. durchgeführte Untersuchung ergab etwa folgendes:

Über die Bodenverhältnisse gibt Putterill[3]) folgende Einzelheiten:

Die in Frage kommenden Pflanzungen stehen auf gutem Boden, der auch gut bewässert ist.

Er ist nur wenig sauer und besteht bis zu einer Tiefe von 60 bis 70 cm aus grobem Sand. Die Untersuchung einiger Bodenproben aus der Tiefe von 6 inches Nr (1) und 12—15 inches (Nr 2) ergab folgendes Resultat:

	Fine Gravel	Coase Sand	Medium Sand	Fine Sand	Very Fine Sand	Silt	Fine Silt	Clay
Nr 1 .	28,47	17,32	25,44	9,87	11,36	5,68	1,95	Trace
Nr 2 .	28,74	17,02	24,99	8,82	10,56	5,13	4,78	Trace

Der Boden besteht also in beiden Tiefen aus fast gleichem Material. Die chemische Untersuchung zeigte, daß der Boden recht arm ist. Er enthält an organischen Bestandteilen nur etwas über 1%. Der Prozentsatz der Kalisalze ist auf etwa 0,06—0,09 zu veranschlagen, während er für Eisen verhältnismäßig hoch ist.

Die Untersuchung der von Marloth übersandten Wurzel- und Zweigproben ergab folgendes:

Die Zweige zeigten Gelbfärbung der Blätter und Verkürzung der Triebe bis zur scheinbaren Blattrosettenbildung.

An den jungen Wurzelspitzen der jüngsten Bäume waren keine Krankheitserscheinungen zu bemerken; dagegen fielen ältere Wurzeln durch kuglige, knollige, krebsartige Geschwülste auf. Auch waren ältere Wurzelspitzen oft keulig verdickt und dann meist in eine Spitze verlängert.

Mikroskopisch erwiesen sich die Wurzelspitzen 1—2jähriger Bäumchen als normal mit zahlreichen Wurzelhaaren und allerdings hier und da vorkommenden Pilzhyphen. Bei älteren Bäumen waren die Wurzelspitzen meist mit einer dichten Wolle von Pilzhyphen umgeben. Ältere deformierte Spitzen waren frei von Pilzhyphen.

Auch ältere mehrjährige Wurzeln waren mißgestaltet. Bei Aprikosenwurzeln lagen die Anschwellungen im Rindenparenchym, bei Pflaumenwurzeln dagegen im Holzkörper. Selten waren im Rindenparenchym Pilzhyphen zu beobachten.

Es erwies sich aber, daß diese nur an Bruch- oder anderweitig vorher

[1]) Ritzema Bos, Schädlichkeit des Auftauens der Trambahnlinien mit Salzwasser für die in der Nähe stehenden Bäume. Tijdschrift over Plantenziekten 1898, S. 1.

[2]) Vgl. S. 874, Fußnote [3]) (Otto).

[3]) Putterill, V. A., Plant Diseases in the Western Province. Journ. of the Departm. of Agricult. June 1921.

verletzten Stellen eingedrungen waren. Sie kommen also als Ursache für diese Krankheitserscheinung nicht in Frage.

Die größte Abnormität zeigte sich bei allen untersuchten Wurzelproben in der starken Vergummung. Die Gefäße waren besonders bei Aprikosen vollgepfropft von Gummi. Die Wände waren meist braungefärbt, manchmal noch heil, häufig aber schon sehr stark angegriffen, wodurch teilweise schon die zweite der umliegenden Zellagen zerstört war.

Beschädigungen im großen hat man auch in der Umgebung von Vulkanen durch den Einfluß der ausbrechenden Dämpfe wahrgenommen. Die in dem Dampfgemisch in wechselnden Mengen vorkommende schweflige Säure sowie Salzsäure und Schwefelwasserstoff mögen wohl die Hauptursachen der Vergiftung sein. Sie dürften auch vorzugsweise die zerstörenden Wirkungen des Aschenregens veranlassen; doch werden diese ihrerseits von einzelnen Beobachtern auch dem reichlich gefallenen Kochsalz zugeschrieben. Nach den Mitteilungen von Pasquale[1]) gehen die roten und violetten Blütenfarben teils in Blau über (*Papaver*, *Rosa*, *Gladiolus*), teils bleiben sie unverändert (*Viola tricolor*, *Convolvulus*, *Digitalis*). Bei dem zur Zeit des Austreibens der Bäume eingetretenen Aschenregen wurden die grünen Pflanzenteile braun, wie nach Verbrennung oder Vertrocknung, aber nicht nach Verbrühen. Sukkulente und lederartige Blätter hatten nicht gelitten. Mechanische Einwirkungen des Aschenregens, wie etwa Verstopfung der Spaltöffnungen, ließen sich anfangs nicht konstatieren; nach einigen Tagen schienen sie sich aber geltend zu machen.

Dieselbe Ansicht wie Pasquale vertritt neuerdings auch Sprenger[2]), der die Folgen des Vesuvausbruches im April 1906 beschreibt.

Chlorkalzium- und chlormagnesiumhaltige Abwässer.

Neben dem Chlornatrium kommt auch vielfach der Chlormagnesiumgehalt in Betracht. Die auswaschende Wirkung ändert sich in ihren Resultaten, wie die Untersuchungen von Fricke, Haselhoff und König[3]) ergeben haben. Während die Rieselung mit kochsalzhaltigem Wasser eine erhöhte Ausfuhr von Kalk, Magnesia und Kali zur Folge hat, treten bei chlormagnesiumhaltigem Wasser Kalk, Kali und Natron aus, und Magnesia wird festgehalten. Bei chlorkalziumhaltiger Berieselung wird der Kalk von Boden und Pflanzen zurückgehalten, und es treten größere Mengen von Magnesia, Kali und Natron aus.

Chlorkalzium- und chlormagnesiumhaltige Abwässer sind reichlich in den Steinkohlengrubenwässern, in den abfließenden Mutterlaugen von Salinen und Bädern, in den Fabriken für Bereitung von Chlorkalium und Kalisalzen, in den Abwässern der Ammoniaksodafabriken usw. enthalten. Welche Mengen dabei in Betracht kommen, zeigt beispielsweise die Analyse von einer neutralen Flüssigkeit, welche aus den Kesseln abfließt, in denen das bei der Ammoniaksodafabrikation erhaltene Chlorammonium zersetzt wird. König[4]) fand im Liter 80,06 g Chlornatrium,

---

[1]) Pasquale, Di alcuni effetti della caduta di cenere etc. Bot. Zeit. 1872, S. 729.

[2]) Sprenger, C., Vegetation und vulkanische Asche. Österreich. Gartenzeitung 1906, Heft VII.

[3]) Fricke, Haselhoff, E., und König, J., Über die Veränderungen und Wirkungen des Rieselwassers. Landwirtsch. Jahrbücher 1893, S. 801.

[4]) Denkschrift S. 161.

56 g Chlorkalzium, 1,02 g Magnesiumsulfat. In anderen Proben, die stark alkalisch waren, fand sich von den genannten Stoffen weniger, aber dafür Natriumsulfat und 3—5 g freier Kalk. Der Umsetzungen im Boden ist soeben gedacht; aber es muß noch hervorgehoben werden, daß bei vorübergehend schwachen Gaben (bis 2,0 g pro Liter) günstige Wirkungen beobachtet worden sind. Das Keimen von Samen wurde befördert. Himbeeren und Erdbeeren sah man auf einem mit Chlorkalzium durchtränkten Boden sehr groß und hellfarbig werden; jedoch schmeckten die Früchte nach Chlorkalzium und hielten sich nicht lange[1]).

Chlorbarium

ist ein verhältnismäßig minder wichtiger Bestandteil, der nur zuweilen in den Abwässern von Steinkohlengruben gefunden wird. Seine Giftigkeit ist durch Wasserkulturen von Mais und Pferdebohnen seitens Haselhoff[2]) erwiesen worden. Die Pflanzen wurden im Höhenwachstum gehemmt; die Blätter welkten und fielen ab. In der Natur wird aber eine direkte Schädlichkeit wohl nur selten auftreten, weil die überall im Boden und in fließenden Gewässern enthaltenen schwefelsauren Salze schnell eine Umsetzung zu unlöslichem und unschädlichem Bariumsulfat bewirken werden.

Zinksulfathaltige Abwässer.

Mit der Untersuchung solcher Gewässer aus Zinkblendegruben hat sich König eingehender beschäftigt[3]). Es zeigte sich, daß die Bäche, welche das Abflußwasser aufnahmen, schwefelsaures Zinkoxyd in Lösung enthielten. Auf den bewässerten Wiesen bemerkte man einen deutlichen Rückgang des Ertrages und stellenweise eine nur noch kümmerliche Vegetation. Die auf derartigen Fehlstellen gewachsenen Gräser sowie die verkümmerten Sträucher von Buche und Ahorn enthielten bis 2,78% ihrer Asche an Zink, während die Asche gesunder Wiesenpflanzen dieses Metall nicht besaß. Da, wo Zinkerze zufällig verschüttet wurden, erlosch die Vegetation; nur eine spezifische Zinkpflanze (die ,,weiße Erzblume", ob *Melandryum album*?) erschien noch. Die erwähnte ,,Erzblume" hatte nicht weniger als 11 bis 15% Zinkoxyd in ihrer Asche. Man sieht, wie verschieden wiederum sich die einzelnen Pflanzen verhalten, und welche hohen Konzentrationen manchmal vertragen werden. Die Beschädigungen erscheinen erst nach einer längeren Reihe von Jahren, nachdem sich das im Bachwasser in absolut geringen Mengen vorhandene Zinkoxyd zu größeren Massen angehäuft hat. Aus diesem Umstande folgert König mit Recht, daß die den Gruben bei der Konzessionserteilung auferlegte Verpflichtung, nur klares Wasser abfließen zu lassen, nicht ausreichend zum Schutze der Wiesenbesitzer sei.

Eine Erweiterung der erwähnten Erfahrungen liefern zwei Arbeiten,

---

[1]) Denkschrift S. 161.

[2]) Landwirtsch. Jahrbücher 1895, S. 962.

[3]) König, Untersuchungen über Beschädigungen von Boden und Pflanzen durch industrielle Abflußwässer und Gase; vgl. Biedermanns Centralbl. 1879, S. 564. — Vgl. auch Ewert, Bodenvergiftung durch die Abgase der Zinkhütten. Ber. höh. staatl. Lehranst. f. Obst- u. Gartenbau, Proskau 1918, 1919. Berlin, Paul Parey 1921, S. 82f. Leguminosen gedeihen infolge mangelhafter Knöllchenbildung schlecht. Entkalkung des Bodens ist nicht die einzige Ursache. Unkräuter (z. B. *Arabis*, vgl. S. 845) gedeihen z. T. sehr gut.

von denen die eine von A. Baumann[1]) ausschließlich den Einfluß von Zinksalzen auf Pflanzen und Boden behandelt, während die zweite von Nobbe, Bässler und Will[2]) neben dem Zink sich auch mit den durch Arsen (siehe S. 868) und Blei hervorgerufenen Schädigungen beschäftigt.

Aus den Resultaten der Baumannschen Versuche ist hervorzuheben, daß das schwefelsaure Zink in gelöster Form für die Pflanzen sich viel schädlicher erweist, als man bisher annahm; kleine Mengen (etwa 1‰ Zink, also 4,4 mg Zinkvitriol im Liter) haben sich bei allen Versuchspflanzen (13 Arten aus 7 Familien) mit Ausnahme des Rettichs als vollkommen unschädlich erwiesen. Die Koniferen sind sehr widerstandsfähig; sie vertrugen noch eine Lösung von 1% Zinkgehalt, während die Angiospermen schon bei 5 mg Zink pro Liter zugrunde gingen, und zwar starben ältere Pflanzen im allgemeinen schneller ab als jüngere.

Kenntlich macht sich die Giftwirkung durch eine auffallende Farbenänderung der kranken Pflanzen. Auf den Blättern erscheinen einzelne kleine Flecke von metallglänzender oder rostgelber Farbe, die schließlich sich über die ganze Blattfläche ausbreiten. Daß das Zink ganz speziell den Chlorophyllapparat angreift und damit die Assimilationsarbeit behindert, wird durch die Beobachtung nahe gelegt, daß Keimlinge mit noch nicht ausgebildeten Chlorophyllkörnern sowie Dunkelpflanzen und Pilze sich gegen relativ hochkonzentrierte Zinklösungen indifferent verhalten.

Auch in den Boden gebracht üben Zinkkarbonat und Zinksulfid eine schädliche Wirkung aus. An sich selbst schaden sie zwar nicht, obgleich sie in kohlensäurehaltigem Wasser in ziemlich beträchtlichen Mengen löslich sind, wobei das Zinksulfid sich zuerst in Zinkkarbonat umwandelt. Aber ihre verhängnisvolle Wirkung liegt in der Umsetzung, die das Zink in der Form von Vitrial mit den Kali-, Kalk- und Magnesiumsalzen eingeht, wodurch diese Nährstoffe löslich und auswaschbar werden. Auf armen Sandböden kann recht wohl dadurch Unfruchtbarkeit erzeugt werden, und in dieser Entführung von Nährstoffen liegt besonders die Schädlichkeit der Berieselung mit Abwässern aus Zinkhütten.

Die schädigende Löslichkeit des Zinks im Boden hängt wesentlich von dem Gehalt desselben an kohlensaurem Kalk ab. Bei Anwesenheit dieses Minerals in etwa vierfacher Menge des Schwefelzinks wird überhaupt kein Zink mehr in Lösung gebracht. Ein durch Zinksulfat verdorbener Boden wird durch Zufuhr solcher Stoffe, welche die löslichen Zinksalze unlöslich machen, zu verbessern sein. In dieser Hinsicht hat sich Humus ausgezeichnet erwiesen, und man wird deshalb eine Düngung mit Moorerde empfehlen können. Bei Mangel derselben wird reichlich Stalldünger, Ton oder Mergel zu verwenden sein. Mergel oder Kalk wird unter allen Umständen gegeben werden müssen.

Betreffs der Beschädigungen durch Bleisalze erwähnt Tschirch, daß eine eigenartige Verzwergung zustande kommt. Die Pflanzen, welche 1 kg Mennige auf 2 qm Bodenfläche erhalten hatten, blieben klein und

---

[1]) Nobbe, Bässler und Will, Untersuchungen über die Giftwirkung des Arsen, Blei und Zink im pflanzlichen Organismus. Landwirtsch. Versuchsstat. XXX, Heft 5 u. 6.

[2]) Baumann, A., Das Verhalten von Zinksalzen gegen Pflanzen und im Boden. Preisschrift 1884. Landwirtsch. Versuchsstat. XXXI (1884), S. 1.

schmächtig und kamen nicht zur Blüte [Blei-Nanismus[1])]. Devaux[2]) fand, daß Bleilösungen in ein Millionstel Verdünnung schon vergiftend wirken. Das Metall wird durch Membran und Zellinhalt fixiert.

Zur Reinigung von zinksulfathaltigen Abwässern wird sich die Einrichtung von Filtrierschichten von Kalksteingrus und Moorerde empfehlen; es bildet sich in diesen dann unlösliches kohlensaures und humussaures Zinkoxyd.

Eisensulfathaltiges Wasser.

Die Abwässer von Schwefelkiesgruben, Schwefelkieswäschereien und Steinkohlengruben, das Sickerwasser aus Steinkohlenschutthalden, die Abwässer von Drahtziehereien enthalten meist Eisensulfat. Nächstdem ist der Gebrauch des Eisenvitriols als Desinfektionsmittel in Senkgruben zu berücksichtigen, wobei große Mengen von Schwefeleisen entstehen, die durch Oxydation an der Luft in Eisenvitriol und schwefelsaures Eisenoxyd sich umsetzen.

Ähnlich wie das Zink bei dem Zinksulfat wird das Eisenoxydul vom Boden festgehalten und zu Oxyd verwandelt, während eine entsprechende Menge anderer Basen, wie Kalk, Magnesia und Kali, an die Schwefelsäure herantritt und leicht ausgewaschen wird. Außer diesem Verarmungsprozesse des Bodens läuft dessen Anreicherung mit Eisenoxydoxydul nebenher, die Versauerung und Verschlammung einleitet. Sobald keine Basen mehr zur Umsetzung des Eisensulfates vorhanden sind, bleibt Eisenvitriol unzersetzt, oder es tritt auch freie Schwefelsäure auf.

So nützlich kleine Mengen (bis 150 kg pro Hektar nach König[3])) auf reichem Boden sein werden, indem die frei werdende Schwefelsäure aufschließend wirken muß, so schädlich wird die fortgesetzte Zufuhr von Eisensulfat bei ständiger Berieselung von Wiesen sich gestalten. Die Versuche zeigen, daß, wenn den Nutzpflanzen an Stelle der ihnen allein zusagenden basischen Salze saure Verbindungen — Eisensulfat ist stark sauer — geboten werden, eine Verschlechterung des Heues und Verringerung des Milchertrages die Folge ist. Von solchen Wiesen verschwinden allmählich die Kleearten und süßen Gräser (vielleicht mit Ausnahme von *Glyceria fluitans*), und saure Gräser, Schachtelhalme und Moose nehmen vom Boden Besitz.

Zufuhr von Kalkmilch bringt das Ferrohydroxyd unter Gipsbildung zur Abscheidung, und man wird durch Verwendung von Kalk die eisensulfathaltigen Abwässer reinigen können.

Kupfersulfat- und kupfernitrathaltige Abwässer[4]) (Nickel und Kobalt).

Es wird sich hier um Abwässer aus Silberfabriken und Messinggießereien handeln. Einen Einblick in die Zusammensetzung derartiger Abflüsse gibt eine Analyse von Abfallauge einer Messinggießerei, die

---

[1]) Tschirch, A., Das Kupfer vom Standpunkt der gerichtlichen Chemie usw. Stuttgart 1893, F. Enke.

[2]) Devaux, De l'absorption des poisons métalliques très dilués par les cellules végétaux. Compt. rend. 1901, 1, S. 717; vgl. Justs Jahresber. 1902, 2, S. 353.

[3]) Denkschrift S. 175.

[4]) Vgl. Maquenne, L., u. Demoussy, E., Sur l'absorption du Calcium par les racines des plantes et ses propriétés antitoxiques vis-à-vis du cuivre. Compt. rend. hebd. Acad. sc. Paris CLXX (1920), S. 420—425.

Haselhoff[1]) veröffentlicht hat. Pro Liter fanden sich: Kupfersulfat 51,619 g, Kupfernitrat 5,298 g, Zinksulfat 14,045 g, Ferrosulfat 2,422 g, Kalziumsulfat 1,943 g, Magnesiumsulfat 0,459 g, freie Schwefelsäure (SO_3) 30,376 g. Dies ist allerdings ein ganz exorbitanter Fall, der für einzelne Bestandteile hundertmal größer ist als der Gehalt der Wässer, die aus Kupferwerken und Silberfabriken abfließen. Für das Wesen der Schädigung ist aber die Menge der Bestandteile gleichgültig, da geringe Mengen durch andauernde Berieselung denselben Effekt hervorrufen. Die Art, wie Sulfat und Nitrat der Kupfersalze auf den Boden wirken, ist dieselbe wie bei den Zink- und Eisensalzen. Kupferoxyd wird im Boden festgehalten und bleibt hauptsächlich im Obergrunde der Wiesen; die frei werdende Schwefelsäure tritt an Kalk, Magnesia und Kali heran, und diese Salze gehen beim Berieseln in den Untergrund. Abgesehen von der Verarmung an basischen Nährstoffen wirkt das Kupfersulfat — Pflanzen, wie z. B. Gräser, nehmen ziemlich bedeutende Mengen von Kupfer- und Zinksalzen auf — schließlich auch als direktes Gift, soweit die Kulturversuche in Nährstofflösungen gezeigt haben[2]). Die Gummikrankheit von *Citrus* (Die-back; Exanthema) kann nach Lloyd[3]) durch Kupfersulfat und andere Salze der Schwermetalle verursacht werden.

Masayasu Kanda[4]) fand, daß bei Wasserkulturen von Erbsen sich schon bei 0,000000249% Kupfersulfat Schädigungen zeigten, dagegen in millionenfacher Verstärkung dem Boden zugeführt als Reizmittel wirkten. Bei Kulturen im natürlich gewachsenen Boden liegen eben die Verhältnisse günstiger. Nach Tschirch[5]) besitzen fast alle Pflanzen etwas Kupfer, da wohl alle Ackerböden Spuren davon enthalten dürften. Selbst aus reichlich gekupferten Böden entnehmen die Gewächse meist aber nur wenig auf, so daß die Gefahr einer Vergiftung keine drohende ist. Diese Anschauung findet auch in dem Umstande ihre Bestätigung, daß bei dem überaus häufigen Gebrauch des Kupfervitriols als Spritzmittel gegen parasitäre Krankheiten eine starke Anreicherung des Bodens fortwährend stattfindet, ohne daß Schäden mit Sicherheit bis jetzt nachgewiesen worden sind. Wir glauben allerdings, daß eine Zeit kommen wird, in der sich eine stete Kupferzufuhr lähmend auf den Pflanzenwuchs geltend machen wird.

Ähnlich wie die bisher genannten wirken die nickel- und kobalthaltigen Abwässer, die in der Nähe von Nickelwalzwerken gefunden werden.

Anhangsweise mag hier erwähnt werden, daß schon 1819 John[6]) in seinem Buche „Über die Ernährung der Pflanzen" sich mit Sand und Wasserkulturen beschäftigt hat, denen verschiedene Metallsalzlösungen

[1]) Haselhoff, Landwirtsch. Jahrb. 1892, S. 263, u. 1893, S. 848. Denkschr. S. 176.

[2]) Otto, R., Untersuchungen über das Verhalten der Pflanzenwurzeln gegen Kupfersalzlösungen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. III (1893), S. 322.

[3]) Lloyd, B. F., Die durch chemische Substanzen verursachte Gummikrankheit der Agrumen. University of Florida Agr. Exp. St. Report for 1913. De Land 1914, S. XXX bis XLIV; vgl. Zeitschr. Pflanzenkrankh. XXVI (1916), S. 398.

[4]) Masayasu Kanda, Journ. College of Science. Tokyo, XIX, art. 13.

[5]) Tschirch, A., Das Kupfer vom Standpunkt der gerichtlichen Chemie, Toxikologie und Hygiene. Stuttgart 1893, Fr. Enke. 8°. 138 S.

[6]) Müller, Carl, Zur Geschichte der Physiologie und der Kupferfrage. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IV (1894), S. 142.

zugesetzt worden waren. Er konstatierte dabei, daß Sonnenblumen Kupfer, welches ihnen in der Form von unlöslichem Kupferkarbonat geboten wurde, nicht aufnahmen, dagegen Erbsen und Gerste große Mengen aus einem Boden speicherten, der tropfenweise salpetersaure Kupferlösung zugeführt bekommen hatte.

Auf die einzelnen Fabrikbetriebe näher einzugehen, verbietet der Umstand, daß lokale Verhältnisse bald nützliche Verwendung der Abwässer zulassen, bald schädigende Faktoren sich geltend machen. Hier spricht in erster Linie die entgiftende Eigenschaft der Erde durch ihre Absorptionskraft mit, worauf betreffs der Kupfersalze speziell Hattori[1]) aufmerksam macht.

Die Schäden der städtischen Spüljaucheberieselung sind bereits in dem Abschnitt „Rieselfelder" S. 336 erwähnt worden.

Neuerdings hat Wöber[2]) in Wasserkulturen und im Boden die Giftwirkung von Arsen-, Antimon- und Fluorverbindungen studiert. Er fand, daß es für Phanerogamen nicht möglich ist, eine allgemein gültige tödliche Dosis irgendeines Giftes festzustellen; im allgemeinen erwiesen sich Leguminosen (Feuerbohne, Saaterbse) am empfindlichsten, dann folgte Gerste, Hafer, Weizen, Mais und Roggen. Wasserkulturen ergaben andere Werte als Bestäubungen des Bodens. 0,001 g arseniger Säure in 1 Liter Nährlösung war unschädlich, 0,01 g schädigte sehr und bei 0,1 g gingen die Pflanzen zugrunde. Gleichfalls auf Arsenwirkung zurückzuführen sind nach Ehrenberg und Schultze[3]) die Schädigungen auf Wiesen und Feldern des Oberharzes durch die zu Tal geschwemmten Abfälle der Silbergewinnung. Die Pflanzen kümmern oft und das weidende Vieh geht mitunter ein. Im Boden fand sich neben Pb, Cu auch in ziemlichen Mengen Zn und As.

Seeliger[4]) beobachtete, daß schon ziemlich niedrige Konzentrationen von Osmiumtetroxyd auf Weizenkörner schädlich wirken, indem sie die Keimung (bis über 3 Wochen) und das Wachstum verzögern und letzteres verringern.

Fünfzehntes Kapitel.

Wirkungen von Kulturhilfsmitteln.

a) Gebräuchliche Anstreich- und Spritzmittel[5]).

Teer. In Glashäusern der Gärtner findet sich auch im Innern vielfach das Gebälk mit Holzteer angestrichen, um die Widerstandsfähigkeit

[1]) Hattori, H., Studien über die Einwirkung des Kupfersulfats auf einige Pflanzen. Journ. Coll. sc. Tokyo XV, 3, S. 371, 1 Taf. (1901).

[2]) Wöber, A., Über die Giftwirkung von Arsen-, Antimon- und Fluorverbindungen auf einige Kulturpflanzen. Angew. Bot. II (1920), S. 161—178.

[3]) Ehrenberg, P., u. H. Schultze, Zur Frage der Pochtrübenschäden im Harze. Mitt. Dtsch. Landw. Ges. XXXIV (1919), Stück 41/42; vgl. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI (1921), S. 37.

[4]) Seeliger, R., Über einige physiologische Wirkungen des Osmiumtetroxyds. Berichte Dtsch. Bot. Ges. XXXVIII (1920), S. 176—184, mit 2 Abb. — Vgl. auch Schröder, H., Flora, CII (1911), S. 190.

[5]) Im übrigen muß auf die Speziallitertur hingewiesen werden. Vgl. bes. Hollrung, M., Jahresbericht auf dem Gebiete der Pflanzenkrankh. Berlin, Paul Parey. Erscheint seit 1898. — Hollrung, M., Handbuch der chemischen Mittel gegen Pflanzenkrankheiten. Berlin 1898. Auch weitere Arbeiten desselben Verf., z. B. auch über Mißerfolge bei der Getreidebeize (Dtsch. Landw. Presse 1920, S. 183f.).

gegen den Einfluß der starken Feuchtigkeit zu erhöhen. Wir begegnen nun einer ganzen Reihe von Klagen, daß nach dem Einräumen der Pflanzen in die geteerten Glashäuser Schwärzung und Abfallen der Blätter sich einstellt. Man bemerkt dieselben Erscheinungen in der Nähe frisch geteerter Zäune. Der Befund stimmt im wesentlichen mit dem schon bei den Asphaltdämpfen geschilderten überein und erklärt sich aus den Exhalationen des frischen Teeranstrichs. Die schädlichen Folgen kommen nicht zum Vorschein, wenn man das Teeren einige Monate vor dem Einräumen der Pflanzen in die Glashäuser vornimmt, und namentlich, wenn dabei Steinkohlenteer gebraucht wird. Ein Verfahren, das sich sehr gut bewährt hat, ist, daß die Bretter und Balken mit Steinkohlenteer behandelt und nach dem Trocknen des Teeres mit Zementmasse überstrichen werden.

Neuerdings hat man mehrfach versucht, die Wege in Gärten und öffentlichen Schmuckanlagen durch eine dünne Schicht von Teer staubfrei zu erhalten. Das Verfahren wird sehr empfohlen[1]), und die in Frankreich und Italien ausgeführten Versuche haben ergeben, daß man auch fertig gepflasterte Straßen vorteilhaft in dieser Weise behandeln kann. Dieses Verfahren, welches sich naturgemäß auch durch den Luftentzug im Boden den Bäumen bemerkbar macht (S. 139), macht aber notwendig, daß an den Kanten der Wege eine Einfassung, etwa ein 8—10 cm hohes Band von verzinktem Eisenblech, eingelassen wird, da die schädlichen Bestandteile des Teeres sonst die Vegetation angreifen. Das Verfahren, das sich trotz seiner jährlich notwendigen Erneuerung doch billiger als das Asphaltieren und weniger lästig als das Ölen bzw. Behandeln der Straßen mit Westrumit stellen soll, wird doch noch durch weitere Versuche zu prüfen sein. Luftabschließende Wirkung vgl. auch oben S. 130ff.

Über die Wirkungen des Teeres als Wundverschluß vgl. oben S. 766.

Karbolineum[2]) dient einerseits (ähnlich wie Teer) als Anstreichmittel für das Gebälk in Glashäusern, Mistbeetkästen, für Pfähle u. dgl., um die Widerstandskraft des Holzes gegen Nässe zu erhöhen, anderseits als Heilmittel bei Baumwunden und Vertilgungsmittel gegen schädliche Insekten. Die Urteile über die Wirksamkeit sind außerordentlich geteilt, und dies kommt einerseits von einer unzweckmäßigen Handhabung, anderseits davon, daß „Karbolineum" ein Sammelbegriff ist; die einzelnen Sorten sind je nach der Fabrik, welche das Produkt liefert, von verschiedener Zusammensetzung und Wirksamkeit.

Im allgemeinen gilt für die Benutzung des Karbolineums als Anstreichmittel dasselbe, was bei dem Teer gesagt worden ist. Wenn man Pflanzen in Räume mit nicht genügend ausgetrocknetem Karbolineumanstrich bringt, leiden dieselben, und zwar bisweilen unter Symptomen, die den durch Asphaltdämpfe hervorgerufenen gleichen. So berichtet beispielsweise Zorn[3]) in Hofheim (Taunus), daß bei ihm pikierte Erdbeerpflanzen in den Mistbeeten, die nur äußerlich mit Karbolineum gestrichen worden waren, eigenartig braune, stark glänzende, verkümmernde

---

[1]) Vgl. das Teeren von Fuß- und Fahrwegen in Gärten und Parken. Der Handelsgärtner, Thalacker 1906, Nr. 50.

[2]) Ritzema, Bos, J., Het Grebuitz van Carbolineum in den Tuinbon. Tijdschrift over Plantenziekten XIV, S. 515—46. — Reh, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XX (1910), S. 59. — Braun, W., Das Obstbaum-Karbolineum. Ill. Schles. Monatsschr. für Obst-, Gem.- und Gartenbau IX (1920), S. 22, 26f.

[3]) Praktischer Ratgeber im Obst- und Gartenbau 1905, Nr. 51.

Blätter erhalten hatten. Bezüglich des Bestreichens der Spitzen von Weinpfählen macht die „Chronique agricole“[1]) darauf aufmerksam, daß selbst, wenn solche Pfähle im Winter gestrichen werden und die jungen Triebe des Weinstocks im Frühjahr bereits über die gestrichene Zone hinausgewachsen sind, doch immerhin noch unliebsame Erscheinungen auftreten können. Es wurden an den Trauben, welche dem getränkten Pfahle dicht anlagen, einige Beeren mit schwarzbraunen Flecken gefunden, und diese Beeren zeigten einen leichten Teergeschmack. Bei einem im Herbst gestrichenen und den ganzen Winter über der Witterung frei ausgesetzt gewesenen Pfirsichspalier bemerkte man trotzdem im Frühjahr, daß nach jedem Regen die jüngsten Triebspitzen wie verbrannt aussahen. In der Nähe von im Winter mit Karbolineum (öfter mit Kalkmilch gemischt) gestrichenen Kernobstbäumen sah Graebner regelmäßig das Beerenobst bis auf 2—3 dm Entfernung schwärzliche junge Blätter bekommen. In einem Gewächshause, in das draußen gestrichene neue Tragbretter gebracht wurden, waren in wenigen Tagen sämtliche Blätter geschwärzt. Derartige Vorkommnisse sind keineswegs selten. Es sind die verdampfenden Phenole und ähnlichen Körper, welche den Schaden anrichten.

Seit dem Jahre 1899 ist das Karbolineum als Heilmittel in direkter Anwendung auf den Obstbaum zu verbreiteter Anwendung gelangt. Über die Erfolge lesen wir teils außerordentlich lobende[2]), teils völlig absprechende Urteile. Der Grund liegt, wie bemerkt, einerseits in der verschiedenartigen Ausführung der Versuche, anderseits in der wechselnden Zusammensetzung des Mittels, das ein aus den Produkten der Stein- und Holzkohlenteerverarbeitung hervorgehendes Gemisch ist. Wenn der Teer, der bei der Gasbereitung neben Leuchtgas, Koks und Ammoniakwasser aus der Steinkohle entsteht, noch einmal in Gasöfen erhitzt wird, so erhält man bis zu einer Temperatur von 150° C sog. Leichtöl, zwischen 150—210° Mittelöl, zwischen 210 und 270° Schweröl und zwischen 270 und 450° Anthrazenöl[3]).

Im Ofen bleibt das Pech zurück. Ganz ähnlich verhält sich der Holzteer. Bei der Karbolineumbereitung kommen nun die genannten Öle zur Verwendung, indem sie in bestimmten Prozentsätzen gemischt und mit Kolophonium, Asphalt, Leinölfirnis usw. versetzt werden. Aderhold gibt an, daß 1906 etwa 80 Karbolineumfabriken gegen 200 bis 300 Sorten in den Handel brachten. Die in der Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft von Scherpe ausgeführten Destillationsversuche von 25 Sorten ergaben, daß manchmal die (besonders schädlichen) Leicht- und Mittelöle fehlten und die Schweröle und Anthrazenöle allein vorhanden waren, während bei anderen Sorten der umgekehrte Fall sich zeigte. Dementsprechend war auch der Erfolg bei der Behandlung der Wunden ein ganz verschiedener: während bei einigen normale Überwallung eintrat, zeigte sich bei anderen eine wesentliche Vergrößerung durch Absterben der Wundränder, so daß eben, wie auch von gewissenhaften Firmen (Avenarius usw.) betont wird, nur die hochsiedenden Substanzen benutzt werden sollen.

---

[1]) Chronique agricole du canton de Vaud 1892, Nr. 10.

[2]) Mende, O., Zur Obstbaumpflege. Gartenflora 1906, Nr. 1.

[3]) Aderhold, R., Karbolineum als Baumschutzmittel. Deutsche Obstbauzeitung (Ulmer-Stuttgart) 1906, Heft 22.

Bezüglich der leichtflüssigen, also an Leicht- und Mittelölen reichen Karbolineumsorten, die zum Bestreichen der von Blut- und Schildläusen heimgesuchten Bäume warm empfohlen werden[1]), ist nicht zu verkennen, daß ihre insektentötende Wirkung prompt ist, ebenso wurde es vielfach mit Erfolg gegen Stammparasiten (*Nectria* usw.) verwendet. Neubesiedlung der bestrichenen Wunden durch Blutläuse wird naturgemäß auch bei Karbolineum dort stattfinden, wo durch das Dickenwachstum des gesunden Wundrandes die Anstrichfläche aufreißt und der weiche Wundkork frei wird. An Kernobst konnte es nach Graebners langjährigen Beobachtungen stets an allen älteren Teilen mit vollem Erfolge gebraucht werden, an Steinobst ist es jedenfalls mit Vorsicht zu brauchen; es gingen mehrfach Stämme danach ein. Die Untersuchung ergab, daß das Karbolineum bei diesen in die lebende Rinde eingedrungen war und diese natürlich getötet hatte. Es schien, als ob vielfach (oder immer?) kleine Beschädigungen durch Fraß (Fraßgänge) das Eindringen in die Pflaumen- und Kirschstämme veranlaßt oder doch gefördert hatten. Auch manche anderen weichrindigen Arten wurden getötet (so *Acer pseudoplatanus*), während andere keinen Schaden zeigten (Rüstern, sogar Koniferen, *Pinus strobus* u. a.). Es wird also bei dieser Art der Verwendung eine Verdünnung des Mittels eintreten müssen. Empfohlen wird, sich der bereits im Handel befindlichen, in Wasser löslichen Karbolineumsorten zu bedienen und sie der Kalkmilch zu etwa 20% zuzusetzen[2]); günstig wirkt auch schon ein Zusatz von 10%[3]).

In der Tijdsskr. ocer Plantenziekten 1920[4]) wird die stärkere Empfindlichkeit der Pfirsiche gegenüber dem Wein besprochen.

Man kann sogar eine direkt wachstumfördernde Wirkung bei bestrichenen Stämmen beobachten[5]) und hat eine Zunahme des Chlorophyllgehaltes der bestrichenen Rinde bei Anwendung einer bestimmten Sorte aus Braunschweig mikroskopisch festgestellt[6]). Der Erfolg liegt wohl sicher darin, daß das in die toten Rindenteile eindringende Karbolineum die darunter liegenden lebenden reizt, wie sich leicht beobachten läßt. Die dadurch verursachte lebhafte Tätigkeit der Phellogenschicht bewirkt ein Abstoßen der Borke und damit eine schnelle Reinigung der Stämme, die von zahlreichen Praktikern selbst an stark borkigen und rindenkranken Exemplaren beobachtet ist.

Die Verwendung des Mittels als Anstrich für Bäume wird nur während der Ruhezeit derselben zulässig sein, und zwar mit einer erprobten Sorte[7]). Eine Sommerspritzung würden wir niemals anraten. Die Empfehlungen als Heilmittel gegen chronischen Gummifluß beruhen mindestens auf Selbsttäuschung, wenn nicht auf Reklamebedürfnis.

Dasselbe Urteil fällt Schweinbez[8]) über die verwandten Mittel „Tuv", „Dendrin", „Baumschutz", „Neptun" u. a.

---

[1]) Baumann, R., Geisenheim. Prakt. Ratgeber 1905, S. 459.

[2]) Praktischer Ratgeber im Obst- und Gartenbau 1906, Nr. 49.

[3]) Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, herausg. v. Hiltner. 1906, November.

[4]) Bespuiting van Persik en Druif, S. 21—23.

[5]) Gartenflora 1906, Nr. 3.

[6]) Graef, Über Karbolineumversuche im Jahre 1906. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1907, Heft 3.

[7]) Steffen in Prakt. Ratgeber 1906, Nr. 23.

[8]) Vom Karbolineum. Gartenflora 1906, S. 22.

Lysol. Ähnlich wie jetzt das Karbolineum hat früher das Lysol seine begeisterten Anhänger und Zweifler gehabt. Das Lysolum purum von Schülke u. Mayr in Hamburg, das ungefähr zu Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts in den Handel kam, war eine durchsichtige, braune, sirupartige Flüssigkeit, die vollständig klar in reinem Wasser löslich bleibt und als Desinfektionsmittel die weitestgehende Verwendung gefunden hat. Bei der Ankündigung wurde gesagt, daß nach Versuchen schon eine Menge von 3 g Lysol auf einen Liter Flüssigkeit hinreicht, „um in Zeit von 15—20 Minuten Spaltpilze in allen Entwicklungsformen, wenn sie in Flüssigkeiten suspendiert sind, zu vernichten". Wir haben es hier mit einer Lösung von Teerölen in neutraler Seife zu tun, und zwar mit den leichten Teerölen (Kresolen); denn sie gehen fast vollständig zwischen 187 und 200° über[1]). Gegenüber den anderen Handelsprodukten, wie Kreolin, Kresolin, Littles Soluble Phenyle, welche als Lösungen von Harz- oder Fettseifen in Teerölen mit Wasser nur Emulsionen bilden und beim Verdünnen das Kohlenwasserstofföl großenteils wieder abscheiden, hat das Lysol allerdings den Vorteil der vollkommenen Wasserlöslichkeit, teilt aber mit den vorgenannten Präparaten seinen schädlichen Einfluß auf das Gewebe der Pflanzen. Es kam im Gartenbau am meisten als Spritzmittel gegen Blattläuse, Thrips, schwarze Fliege u. dgl. tierische Schädlinge zur Verwendung. Schon die bald nach der Einführung des Mittels von Otto[2]) ausgeführten Kulturversuche ergaben, daß die 5%ige Lösung, die gewöhnlich zur Desinfektion benutzt wird, im Boden sich als schweres Gift für die Pflanzen erweist, auch wenn es nicht direkt mit den Samen oder Keimpflanzen in Berührung kommt. Bei direkter Einwirkung auch in viel verdünnterer Form griff es die Wurzeln uer Wasserkulturen ungemein scharf an. Als Schutzmittel gegen Blattläuse kam es in 0,25 und 0,5%iger Lösung zur Verwendung. Dabei tötete es aber nur einzelne Blattläuse, und erst bei 2%iger Lösung erschien die Mehrzahl der Tiere getötet; aber auch die Pflanzen waren derart geschwärzt und beschädigt, daß sie als nicht mehr lebensfähig angesehen werden konnten.

Karbolsäure, Amylokarbol und **Sapokarbol.** Das Amylokarbol ist eine Mischung von Schmierseife, Fuselöl und reiner Karbolsäure; das Sapokarbol ist versteifte Karbolsäure.

Alle Karbolsäure enthaltenden Mittel sind gefährlich und meistens die Pflanzenteile direkt tötend. In Fleischers[3]) Versuchen war von den vorstehenden Präparaten das Sapokarbol in 1%iger Lösung gegen Blattläuse wirksam, ohne daß die Blätter, mit wenigen Ausnahmen, durch das Bespritzen geschädigt wurden. In Verdünnungen, welche vollständig die Blattläuse töten, wirken auch Pinosol und Kreolin, da beide nur in Wasser emulsiert werden, schädlich. Das Antinonnin, das Kaliumsalz des Orthodinitrokresols, ist nach Franks Versuchen[4]) den Pflanzen mehr schädlich als den Blattläusen und anderen tierischen Schmarotzern.

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. I (1891), S. 185.

[2]) Otto, R., Über den schädlichen Einfluß von wässerigen, im Boden befindlichen Lysollösungen usw. Vorl. Mitt. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. III (1892), S. 70ff.

[3]) Fleischer, E., Die Wasch- und Spritzmittel zur Bekämpfung der Blattläuse, Blutläuse und ähnlicher Schädlinge usw. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. I (1891), S. 325.

[4]) Krankheiten der Pflanzen I (1895), S. 329.

Die Kupferbrühen. Dieselben kommen hier nur so weit in Betracht, als es sich um ihre Schädlichkeit[1]) handelt. Ihre Nützlichkeit als Fungicid, die im zweiten Teile dieses Werkes gewürdigt wird, beruht unserer Anschauung nach hauptsächlich darauf, daß die Pilze Fermente ausscheiden, welche das auf den Pflanzenteilen angetrocknete Kupfersalz lösen und dadurch sich selbst vergiften. In erster Linie steht die Bordeauxmischung, die als Pilzbekämpfungsmittel unzweifelhaft große Bedeutung hat, als wachstumsfördernd, wie ihre begeisterten Verehrer nachweisen wollen, aber nicht anerkannt werden kann.

Man ist sich noch nicht einig, ob das Kupfer durch eine normale Kutikula bei allen Pflanzen hindurchdringen kann. Nach Bouygues[2]) soll dies nicht der Fall sein. Rumm[3]) konnte auch kein Kupfer in den Geweben bespritzter Blätter nachweisen und glaubt, eine günstige Wirkung nur auf einen chemotaktischen Reiz zurückführen zu müssen. Die infolgedessen auftretenden elektrischen Ströme sollen dann im Blattgewebe die günstigen Wirkungen veranlassen. Die Frage, ob und wie das Kupfer in das Innere eines Pflanzenteils gelangt, läßt sich nicht allgemein entscheiden, sondern muß von Fall zu Fall in Betracht gezogen werden. Eine alte, mit starker Wachsglasur versehene Kutikula wird vielleicht nicht angegriffen werden, während das junge Blatt leiden kann. Aber auch bei älteren Blättern können in einem Falle Beschädigungen auftreten, in einem anderen Falle nicht, weil manchmal durch Witterungseinflüsse (Spätfrost) die Kutikulardecke Risse bekommt, in denen sich die Kupferlösung lange Zeit halten kann. Endlich kommt die spezifische Empfindlichkeit der Pflanzenart ausschlaggebend hinzu.

Statt der angeblich wachstumfördernden Eigenschaft der Kupfermischungen[4]) konnte eine Hemmung in der Entwicklung der Kartoffelpflanze gegenüber gesund bleibenden unbespritzten Pflanzen nachgewiesen werden. Der als Wachstumsförderung gedeutete größere Gehalt gekupferter Blätter an Stärke und Chlorophyll wurde von Schander auf die Schattenwirkung des Kupferkalküberzuges zurückgeführt[5]). Ewert bestätigt den Einfluß der Beschattung, aber macht darauf aufmerksam, daß dies nicht der einzige hemmende Faktor sei[6]). Es kommen durch den Einfluß der Kupfermittel, speziell der Bordeauxmischung, Stauungen in der Abführung der Assimilate zustande[7]); die beobachteten größeren Stärke- und Eiweißmengen sind nicht Folgen einer gesteigerten Assimilation, die nachgewiesenermaßen nebst der Transpiration und Atmung herabgedrückt wird, sondern die Wirkung stockender Ableitung. Diese Anschauung setzt allerdings voraus, daß Kupfer tatsächlich in die Pflanze eintritt, und diese Ansicht findet darin ihre Bestätigung, daß auch For-

[1]) Mahner, Warnung vor Kupfervitriol-Ersatzmitteln. Land- u. Forstwirtsch. Mitt. d. Landeskulturrates für Böhmen 1919, S. 5.

[2]) Bouygues, H., La cuticule et les sels de cuivre I, Procès-verb. Soc. Linn. Bord. 4. févr. 1903; vgl. Centralbl. f. Bakt. XIV, 1905, S. 761.

[3]) Rumm, G., Zur Frage nach der Wirkung der Kupferkalksalze usw. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1893, S. 445.

[4]) Sorauer, P., Einige Beobachtungen bei der Anwendung von Kupfermitteln gegen die Kartoffelkrankheit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 32.

[5]) Schander, E. Über die physiologische Wirkung der Kupfervitriolkalkbrühe. Inaug.-Diss. Berlin 1904 und Landwirtsch. Jahrbücher 1904. Heft 4/5.

[6]) Ewert, Der wechselseitige Einfluß des Lichtes und der Kupferkalkbrühen auf den Stoffwechsel der Pflanze. Landwirtsch. Jahrbücher 1905, S. 233.

[7]) Vgl. auch Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1908, Heft 2.

scher, welche ein Eindringen des Kupfers nicht annehmen, doch bei einer Anzahl ihrer Versuche die Kupferreaktion fanden (Frank und Krüger). Außerdem hat Ewert in bordelaisierten Pflanzen auch Kupfer nachgewiesen. Über den Vorgang der Aufnahme bringen wir später noch Notizen aus der Arbeit von Schander.

Nach Sorauers Auffassung wird bei den gekupferten Pflanzen das durch Wunden oder durch die Epidermis eintretende Kupfer sofort von den Eiweißstoffen des Protoplasmas gebunden und drückt damit das Zellenleben herab. Da die Bespritzungen keine vollständigen Benetzungen der ganzen Blattfläche darstellen, so bleiben zwischen den geschädigten Blattpartien stets gesunde stehen, und diese müssen nun eine gesteigerte Wachstumsfähigkeit zeigen. Dieselbe äußert sich bei reichlicher Zufuhr von Licht und Feuchtigkeit bisweilen in der Ausbildung von Intumeszenzen. Der erste derartige Fall wurde bei Kartoffeln beschrieben[1]). Später hat v. Schrenk[2]) an Kohlpflanzen Intumeszenzen infolge ihrer Behandlung mit Kupferammoniumkarbonat, Kupferchlorid, -azetat, -nitrat und -sulfat beobachtet. In neuester Zeit hat Muth[3]) sehr starke Intumeszenzbildung bei Weinblättern nach Kupferung gefunden. Vgl. auch oben S. 450ff. bei Intumeszenzen.

Derartige Wirkungen können zustande kommen, wenn sich das Gewebe partiell vergiftet, ohne direkt zu sterben; sie treten aber auch ein, wenn eine Abtötung wirklich stattfindet, wobei die abgestorbenen Gewebestellen bei manchen Pflanzen aus dem Blatte herausfallen, so daß eine Durchlöcherung sich geltend macht. Solche Fälle sind z. B. von Schander (a. a. O.) beschrieben worden. Es wird dabei erwähnt, daß *Fuchsia* und *Oenothera* Säure ausscheiden, welche geringe Mengen von Kupferhydroxyd löst. Es können aber auch alkalische Ausscheidungen sich zeigen (*Phaseolus multiflorus*), oder das Kupfer wird nicht durch Ausscheidungen des Blattes, sondern einfach durch die Atmosphärilien, namentlich bei anhaltend feuchtem Wetter, gelöst.

Ruhland[4]) erklärt dagegen, daß die Annahme von einer Lösung des Kupfers durch austretende Blattextrakte keine Berechtigung habe, sondern nur den Atmosphärilien zuzuschreiben sei.

Die Nachrichten über die Beschädigungen des Laubes durch Kupferbespritzungen haben begonnen, nachdem das Verfahren schon eine allgemeinere Ausbreitung gefunden hatte. Im Jahre 1891 wurde bei der Bekämpfung des Peach rot beobachtet, daß nach der Anwendung von Bordeauxmischung nicht nur Blätter und Blüten abfielen, sondern auch das junge Holz beschädigt wurde[5]). Die Amygdaleen und namentlich die Pfirsiche haben sich auch in der Folge als besonders empfindlich erwiesen. Bain[6]) zeigte bei seinen Versuchen mit Apfel-, Wein- und Pfir-

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. III 1893, S. 122.

[2]) Schrenk, H. v., Intumescences formed as a result of chemical stimulation. Sixteenth ann. report Missouri Bot. Gard. May 1905.

[3]) Muth, Franz, Über die Beschädigung der Rebenblätter durch Kupferspritzmittel. Mitt. d. Deutsch. Weinbauvereins I, Nr. 1, S. 9.

[4]) Ruhland, W., Zur Kenntnis der Wirkung des unlöslichen basischen Kupfers auf Pflanzen usw. Arbeiten d. Biol. Abt. f. Forst- und Landwirtsch. beim Kaiserl. Gesundheitsamt IV (1904), Heft 2.

[5]) Report of the Secretary of agric. for 1891. Washington 1892, p. 364.

[6]) Bain, S. M., The action of copper on leaves etc. Agric. Exp. Stat. of the University Tenessee XV (1902).

sichblättern, daß dies mit der spezifischen Empfindlichkeit des Protoplasmas zusammenhängt. Das Pfirsichblatt, sagt er, hat die Fähigkeit, durch eine an der Oberfläche ausgeschiedene Substanz Kupferoxyd zu lösen. Junge Blätter leiden am meisten. Die beschädigte Blattstelle wird durch Kork abgegrenzt und ausgestoßen (Schrotschußkrankheit), was Aderhold[1]) auch bei Kirschen beschrieben hat. Stark verletzte Blätter werden abgeworfen, während das Apfelblatt, ebenso wie das Weinblatt, die Fähigkeit besitzt, mit dem Rest seiner Lamina weiter zu assimilieren.

Nach den neuen Studien von Hedrick[2]) sind Pfirsich, Aprikose und Japanische Pflaume die empfindlichsten Obstgehölze, während die gewöhnliche Pflaume nicht stärker wie Birne, Apfel oder Quitte angegriffen wird. Die einzelnen Varietäten verhalten sich verschieden; die bestgepflegten Exemplare mit den saftigsten Blättern leiden am stärksten. Von hervorragendem Einfluß sind die Witterungsverhältnisse, von denen die zartere oder derbere Ausbildung der Blätter und namentlich deren Kutikula abhängt. Den besten Beweis lieferte im Staate New York das Jahr 1905, dessen warme, neblige Frühjahrswitterung das Laub sehr zart bleiben ließ. Viele Apfelzüchter erklärten, sie hätten in diesem Jahre mehr Schaden wie Nutzen vom Bespritzen mit der Bordeauxmischung gehabt. Hedrick führt Beispiele an, bei denen ein Spritzen bei darauffolgender anhaltend feuchter Witterung ungemein große Schäden hervorgerufen hatte, während acht Tage später, nachdem trockenes Wetter eingetreten war, die Bespritzung gar keine üblen Folgen gehabt hat[3]).



Abb. 254. Ältere Frucht von Apfel mit braunen Flecken und Rissen. (Nach Hedrick.)

Wir entlehnen obengenanntem Autor einige Abbildungen von Früchten und Blättern, die durch das Spritzen beschädigt worden sind. Auf den Früchten erscheint der Schaden zuerst in Gestalt kleiner brauner Fleckchen, die sich zu ausgedehnten Rostzeichnungen erweitern (Abb. 254). Wenn diese Oberhautverletzungen während der Schwellungsperiode eintreten, kann das Wachstum der Frucht unregelmäßig werden (Abb. 255), oder es können bei jungen Äpfeln selbst klaffende Spalten entstehen. Derart beschädigte Früchte werden mehlig und faulen leicht.

Die mikroskopische Untersuchung der braunen Flecke zeigt, daß die Kutikulardecke mit ihrer Wachsglasur zerstört ist (Abb. 256). Die benachbarten Epidermiszellen und das bloßgelegte Fruchtfleisch be-

---

[1]) Aderhold, R., Über Clasterosporium carpophilum usw. Arb. d. Biolog. Abt. d. Kais. Gesundheitsamtes 1902, Heft 5.

[2]) Hedrick, U. P., Bordeaux injury. New York, Agric. Exp. Stat. Geneva. Bull. Nr. 287, 1907.

[3]) Vgl. dazu auch Molz, E., Über das Kleinbleiben der Traubenbeeren infolge Schwefelns und Kupferns der Weinberge. Mitt. d. deutsch. Weinbau-Ver. VII (1912), Nr. 5.

kommen stark verdickte Wände von korkartigem Aussehen; sie können der Schwellung der Frucht nicht mehr folgen, und die Frucht reißt nunmehr ein. Der in den Rissen gebildete Wundkork nebst dem durch die Bordeauxmischung abgetöteten Gewebe bilden dann die eigenartigen, nicht mit den durch leichte Fröste (vgl. S. 556) zu verwechselnden „Rostfiguren", welche Abb. 254 zeigt. Die Größe der Verletzung steigert sich mit der Zartheit der Schale, die die ersten Anfänge der Bräunung in der Regel um ein Haar oder eine Spaltöffnung herum erkennen läßt. Bei zunehmendem Alter der Früchte werden normalerweise die Haare ab-



Abb. 255. Junge Apfelfrüchte mit einseitig behindertem Wachstum infolge Bespritzung mit Bordeauxmischung. (Nach Hedrick.)

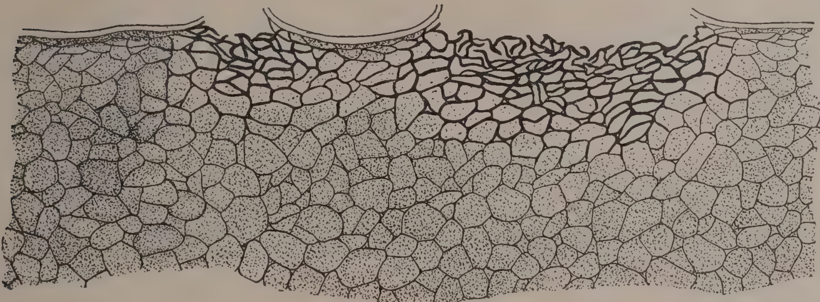


Abb. 256. Querschnitt durch die Randpartie eines von Bordeauxmischung beschädigten Baldwin-Apfels. (Nach Hedrick.)

geworfen und an Stelle der Spaltöffnungen entstehen Lentizellen; dabei verstärkt sich die Wachsglasur, und damit tritt eine Immunität der Früchte gegen das giftige Kupfer ein. Auch auf den Blättern entstehen braune Flecke, die bisweilen ausbrechen (Abb. 257). Am schwersten leiden natürlich die Blüten. Man kann mit Sicherheit annehmen, daß bei diesem das Kupfer sich mit dem Zellinhalt verbindet. Betreffs der Herstellung der Bordeauxmischung, die im zweiten Bande dieses Werkes eingehender behandelt wird, wird die Bemerkung Hedricks beachtenswert, daß eine größere Beigabe von Kalk die Beschädigungen kaum verringert.

Was von den Kupferkalkmischungen gilt, bezieht sich in erhöhtem Maße auf die Azurine, bei denen zur Neutralisation des Kupfervitriols das Ammoniak benutzt wird. Je nach der Menge des benutzten Ammoniaks

entstehen reine tiefblaue Lösungen, wie die „Bouillie Céleste“ und das „Azurin Siegwart“, oder es bleiben, namentlich bei stärkerer Verdünnung, basische Kupferverbindungen als Niederschlag wie bei dem „Kristall-Azurin Mylius“. Je mehr Ammoniak verwendet wird, desto näher rückt die Gefahr des Verbrennens der Blätter[1]).



Abb. 257. Apfelblatt, das infolge von Bespritzung mit Bordeauxmischung tote Gewebestellen und Durchlöcherung zeigt. (Nach Hedrick.)

Über den Einfluß von Terpentindämpfen hat Molz[2]) Untersuchungen angestellt, da ihm ein Fall zur Begutachtung vorlag, in welchem Rebenblätter durch den frischen Ölanstrich eines Traubenhauses geschädigt sein sollten. Die Wirkung der Terpentindämpfe machte sich bei Weinblättern bereits nach einer halben Stunde durch schwache Randverfärbung und zunehmende Verkräuselung bemerkbar; Apfelblätter zeigten nach einer Stunde eine schwache rötliche Bräunung, nach drei Stunden eine tief dunkelrotbraune Verfärbung der Oberseite; Rebenblätter wurden olivenbraun. Bisweilen fanden sich einzelne grüne Inseln innerhalb der gebräunten Fläche, so daß die Blätter gänzlich scheckig aussahen. Rosenblätter färbten sich olivengrün-braun, Birnenblätter glänzend schwarzgrau. Molz vermutet als Ursache einen Oxydationsvorgang, hervorgerufen „durch das Vorhandensein von Terpentinazon und dessen Wirkung auf bradoxydable Stoffe der Zelle“. Eine ähnliche Rolle wie Terpentin (oder wie H_2O_2) können nach Němec und Strauak[3]) auch Terpene spielen. Durch Terpentindämpfe wurden bestimmte Partien des Zellgewebes, und zwar die Xylemtracheen der Gefäßbündel des Stempels, an grünen Teilen gebräunt, an etiolierten geschwärzt. Es handelt sich bei diesen chemischen Veränderungen um eine biochemische Oxydation der Gerbstoffe

[1]) Kulisch, P., Über die Verwendung der „Azurine“ zur Bekämpfung der Peronospora. Landwirtsch. Z. f. Elsaß-Lothringen 1907, Nr. 26.

[2]) Molz, Bericht d. Kgl. Lehranst. f. Wein-, Obst- u. Gartenb. Geisenheim 1905.

[3]) Nemec, Ant., u. Franz Strauák, Beitrag zur Kenntnis des toxischen Einflusses der Terpene auf die höheren Pflanzen. Biochem. Zeitschr. CIV, S. 200—213, mit Abb. (1920); vgl. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII, 31 (1922).

in farbige Produkte, sog. Huminsubstanzen, die unter Mitwirkung der Peroxydasen des Pflanzenkörpers verläuft.

Eisenvitriolkalkbrühe (5 kg Eisenvitriol, 5 kg gelöschter Kalk auf 100 Liter Wasser) soll nach Lotrionte[1]) durch viele Jahre fortgesetzte Versuche zur Verjüngung alter, vernachlässigter oder kränkelnder Ölbäume, Reben und Obstbäume erprobt sein.

Arsenhaltige Substanzen werden neuerdings zur Bekämpfung der Opuntienplage in Australien empfohlen[2]).

Mit Schweinfurtergrün beobachtete Tullgren[3]) bei richtiger Anwendung keine Schäden.

Durch Sublimat können Intumeszenzen entstehen[4]).

b) Anaesthetica und Reizmittel.

Der günstige Erfolg, der namentlich bei der Frühtreiberei von Flieder bei richtiger Anwendung des Verfahrens der „Äthertreiberei" erzielt werden kann, steht außer Zweifel; aber bei anderweitiger Verwendung machen sich nachteilige Folgen bemerkbar. Die durch mehrfache Versuche nachgewiesene Wirkung von Dämpfen des Äther, Chromäther, Chloroform, Stickstoffoxydul, Morphium, Kokain usw. besteht in der Lähmung der vollen Entfaltung der protoplasmatischen Tätigkeit. Erleidet dabei das Protoplasma in seiner physikalischen oder chemischen Struktur eine dauernde Schädigung, so folgt der Tod; im anderen Falle kehrt die Pflanze allmählich wieder zu ihrer normalen Tätigkeit zurück[5]). Natürlich hängt die Wirkung davon ab, in welchem Zustande sich das Protoplasma befindet. So hat Coupin[6]) nachgewiesen, daß selbst eine mit Chloroform und Äther gesättigte Atmosphäre keinen Einfluß auf das Protoplasma von Samen, die sich im Ruhezustande befinden, auszuüben vermag. Ist dagegen die Lebenstätigkeit derselben durch Anfeuchtung erweckt, genügen schon sehr kleine Dosen ($^{37}/_{100000}$), um Schaden zuzufügen. Doch ist die hier angeführte Zahl nicht als Norm anzusehen; denn abgesehen von der Individualität der Pflanzenart, kann auch dieselbe Art durch Anpassung eine verschiedene Widerstandsfähigkeit entwickeln. So gibt beispielsweise Townsend[7]) an, daß Sporen von *Mucor* und *Penicillium*, die in einer starken Ätheratmosphäre zur Reife gelangten, ebenso schnell keimten und neue Sporen hervorgebracht haben, als wenn sie in einer ätherfreien Atmosphäre gekeimt wären. Derselbe Beobachter erwähnt,

---

[1]) Lotrionte, G., Behandlung der Ölbäume, Reben und Obstbäume zu ihrer Verjüngung. La nuova Agric. del Lazio IX, S. 23f (1921); vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XXXII, S. 220 (1922).

[2]) Alexander, W. P., Opuntien in Australien schädlich. Commonw. of Austr. Inst. of Sc. a. Industry XII, Melbourne (1919). — Vgl. auch Fulmek, L., Die Arsenfrage im Pflanzenschutz. Die Naturwiss. VI (1918), S. 704f. Ref. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XXX (1920), S. 286.

[3]) Tullgren, A., Besprutningar med Kejsargrönt. Upps. prakt. Entomologi XVII; vgl. Zeitschr. Pflanzenkrankh. XX (1910), S. 105f.

[4]) Marx, L. M., Über Intumeszenzbildung an Laubblättern infolge von Giftwirkungen. Österr. Bot. Zeit. LXI (1911), S. 118.

[5]) Kaufmann, C., Über die Einwirkung der Anaesthetica auf das Protoplasma und dessen biologisch-physiologische Eigenschaften, Diss. Erlangen 1899; vgl. Justs Jahresber. 1900, II, S. 301.

[6]) Coupin, H., Action des vapeurs anesthésiques sur la vitalité des graines sèches et des graines humides, Comptes Rend. Paris CXXIX (1899), S. 561.

[7]) Townsend, C. O., The effect of ether upon the germination of seeds and spores, Bot. Gazette XXVII (1899), S. 458; vgl. Justs Jahresber. 1899, 2, S. 142.

daß hier und bei anderen Giften sehr schwache Dosen anregend und die Keimungsdauer abkürzend wirken, während stärkere Dosen schaden.

Über die Art der Einwirkung erhalten wir einen Einblick durch die Beobachtungen von Markowine[1]), der aus seinen Versuchen den Schluß zieht, daß bei einer längere Zeit anhaltenden Wirkung anästhesierender Dämpfe die Atmung beträchtlich gesteigert wird. Unter dem Einfluß von Alkoholdampf sah er die Atmung etiolierter Pflanzen sich um das Anderthalbfache erhöhen; noch stärker wirkte Äther.

Wir dürfen also hier eine spezifische Reizwirkung annehmen. Diese Ansicht wird von Behrens[2]) vertreten, der auch die beschleunigte Keimfähigkeit der Samen nach mechanischen Verletzungen, welche Hiltner der erleichterten Wasseraufnahme zuschreibt, als Reizwirkung auffassen möchte. Behrens stützt sich dabei auf Versuche mit verletzten Samen, bei denen die Wundstelle sofort mit Kolophoniumwachs verklebt worden war. Obwohl die Wasseraufnahme dieser Körner im Vergleich mit normalen Körnern nicht gesteigert erschien, ergab sich dennoch eine erhebliche Wachstumssteigerung. Die Versuche mit dem Anfeilen und sonstigen absichtlichen Verletzungen hartschaliger Samen beweisen jedoch, daß auch die mechanische Erleichterung des Wassereintritts an sich keimungsfördernd wirkt.

Später ist der Nachweis erbracht, daß Reizmittel der verschiedensten Art treibfördernd wirken, so Kampher, Thymol- und Mentholdämpfe bei der Treiberei der Hyazinthen[3]), heißes Wasser für Samen, Maiblumen[4]) usw., ja selbst eine Nährlösung (Koppsche) auf abgeschnittene Zweige von Flieder, Roßkastanie, Hainbuche, Linde, Ahorn, Magnolie usw.[5]). Auch das Eintauchen in warmes (meist etwa 35°) bis heißes Wasser (Molisch) wird (bei Maiblumen u. a.), bei Zweigen ein einige Sekunden dauerndes Eintauchen in konzentrierte (!) Schwefelsäure (Richter)[6]), mit gutem Erfolge als Reizmittel angewandt. In allerneuester Zeit berichtet Friedl Weber[7]) sogar, daß man z. B. Flieder nur durch mechanischen Druck zu früher Blütezeit anreizen könnte; die Blütenstände enthaltenden Knospen werden durch Quetschen oder Klemmen so weit gedrückt, daß die äußeren Knospenschuppen leicht voneinander zu weichen beginnen.

Eigenartig ist die Wirkung einer durch Hefe zur Gärung gebrachten Zuckerlösung (30 g Rohrzucker auf $^1/_2$ Liter Wasser und 20 g frische Hefe) auf Flieder und *Forsythia*, ersterer ließ sich schon im Oktober nach 24stündiger Einwirkung treiben. (Weber a. a. O. 1924, Abb. 1).

Fr. Weber (a. a. O. 1922, 1924) ist geneigt, namentlich bei dem beschriebenen Quetschverfahren, dem Schwefelsäureverfahren, ebenso bei den den durch Röntgenstrahlen (Weber a. a. O. 1922) besonders bei starken

---

[1]) Markowine, N., Recherches sur l'influence des anesthésiques sur la respiration des plantes, Rev. géner. de Bot. XI (1899), S. 289, 341; vgl. Justs Jahresber. 1899, 2, S. 143.

[2]) Behrens, Bericht des Großherzogl. Badischen Landwirtsch. Versuchsanstalt Augustenberg f. d. Jahr 1906.

[3]) Kryž, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 199.

[4]) Weber, Gartenflora 1907, Heft 2, S. 26.

[5]) Lakon, Georg, Die Beeinflussung der Winterruhe der Holzgewächse durch die Nährsalze. Ein neues Frühtreibeverfahren. Zeitschr. f. Bot. IV (1912), S. 561—582, 2 Textabb.

[6]) Richter, Ber. Dt. Bot. Ges. XL (1922).

[7]) Weber, Fr., Methoden des Frühtreibens. Abderhaldens Handb. biolog. Arbeitsmethoden 1921. Ber. Dt. Bot. Ges. XL (1922) u. Biochem. Zeitschr. CXXVIII (1922). Neue Frühtreibmethoden. Umschau XXVIII (1924), Heft 3, S. 40ff. mit 2 Abb. Ruheperiode und Frühtreiben. Ber. Dt. Bot. Ges. XLII (1924) S. 109—112 (mit Literatur).

Dosen (bis zu 150 Holzknecht-Einheiten) Reizungen anzunehmen, wie sie Haberlandt (vgl. S. 686) durch die sogenannte Wundhormone beschrieben hat [1]). Bei anderen Reizverfahren, wie z. B. durch elektrisches Licht (Klebs) oder durch die Winterkälte [2]) möchte er dies nicht annehmen. Robertson [3]) nimmt eine „X-Substanz" („Bios") an.

In allerneuester Zeit ist auch die Frage der Zweckmäßigkeit der Stimulierung von Samen aufgetaucht. Die meist chemischen Mittel werden jedoch zur Zeit von den Fabrikanten noch geheim gehalten. — Bereits vor mehreren Jahrzehnten wurden im Kühnschen Institut in Halle [4]) Versuche mit der Einwirkung verschiedener Stoffe, wie z. B. Chlormagnesium, Chlorkalium usw. auf Aussaaten landwirtschaftlicher Nutzpflanzen gemacht, ohne daß dabei natürlich die Idee der Stimulierung zugrunde lag, auch kam bei der Übertragung der Reizmittel auf den Erdboden eine solche Wirkung nicht zustande. Die Versuche verliefen im wesentlichen negativ. Es erscheint nach den trefflichen Versuchen von Popoff [5]) mit Chlormagnesium nicht ausgeschlossen, daß das in den Endlaugen der Kaliwerke reichlich vorhandene Chlormagnesium eine Rolle als Reizmittel spielen wird zur Abkürzung der Vegetationszeit solcher Kulturpflanzen, die in kühlen Sommern bei uns unsicher bezüglich ihres Ausreifens sind.

Sechste Abteilung.

Enzymatische Krankheiten.

Sechzehntes Kapitel.

Verschiebungen der enzymatischen Funktionen:

Allgemeines.

Die neueren Forschungen drängen zu der Anschauung, in der Mehrzahl der Stoffwechselvorgänge Enzymwirkungen zu erblicken. Diese Enzyme möchten wir ihrer Tätigkeit nach in zwei Gruppen gliedern, die sich als aufbauende und abbauende [6]) bezeichnen lassen. Im Werdegang des pflanzlichen Organismus bemerken wir bei der Keimung, also bei der Vorbereitung zur vegetativen Entfaltung, das Vorherrschen der abbauenden Tätigkeit, indem die Reservestoffe gelöst und in meist labile, wanderungsfähige Stoffgruppen übergeführt werden. Die Tätigkeit des vegetativen Apparates führt allmählich zum Niederschlage von Reserve-

---

[1]) Vgl. darüber auch Fr. Weber (Ber. Dt. Bot. Ges. 1924, S. 111f.), der über die von Richter (a. a. O.) beobachtete Anschwellung von Laburnum-Zweigen an der Grenze abgetöteter Zweigstücke berichtet („Wund- oder Nekro-[hormon-]wirkung").

[2]) Coville, Journ. Agricult. Research XX (1920).

[3]) Robertson, Journ. of Physiol. LVI (1922); vgl. Fr. Weber a. a. O. (1924).

[4]) Hindorf, Rich., Berichte der pflanzenphysiologischen Abteilung des Landwirtsch. Instituts a. d. Universität Halle 1886.

[5]) Popoff, Zellstimulantien und ihre theoretische Begründung. Jahrb. Univ. Sofia XIX. Vortrag, geh. in der Saatzuchtabteilung d. Dt. Landw. Ges. am 21. Febr. 1924; vgl. Mitt. d. D. L.-G. 1924, Heft 12, S. 207 (22. März 1924), auch Umschau 1924, Heft 1. vgl. auch Gleisberg, Landw. Jahrb. 1924, S. 496.

[6]) Über den biologischen Abbau der pflanzlichen Zellmembran ist neuerdings eine wichtige Arbeit von Aug. Rippel erschienen. Angew. Botanik I (1919); vgl. auch II.

stoffen, und diese Tätigkeit sprechen wir als aufbauende an; diese läßt hiren Endpunkt in der Ausbildung des Samens erkennen.

Daraus ergibt sich ein Antagonismus im Auftreten der hauptsächlichsten Stoffgruppen, der sich in der Weise präzisieren läßt, daß bei reichem Stärkeniederschlag der Zuckergehalt sowie die Menge des Gerbstoffes und der organischen Säuren zurückgehen. Sind dagegen Zucker, Gerbstoffe und Säuren sehr reichlich vorhanden, bleibt der Stärkeniederschlag gering. Wenn der Stärkereichtum ein hoher ist, wird auch die Bildung der Eiweißstoffe in der Zelle aus Asparagin oder anderen Stickstoffverbindungen reichlich sein. Bei dem Vorherrschen von Zucker und Säuren bleiben auch die Stickstoffverbindungen in labiler Form, und wir haben diesen Zustand eines Pflanzenteils oben und schon früher stets als „Unreife" dem durch Reichtum an Reservematerial ausgezeichneten „Reifezustand" gegenübergestellt.

Die einzelnen Wachstumsfaktoren beeinflussen nun beständig den Pflanzenleib und lassen bald diese, bald jene Gruppe von Enzymen zur Vorherrschaft kommen. Es ist dabei nicht nötig, daß Enzyme zerstört werden; sie können auch in ihrer Wirkung nur vorübergehend gehemmt werden. Ein Beispiel liefert Pozzi-Escot[1]) bei Gelegenheit der Besprechung des Philothion. „Reduktasen", meint er, die bei den Pflanzen mit Loews Katalase identisch, sind ebenso wie die Oxydasen überall verbreitet und wirken antagonistisch. De Rey-Pailhade hat gezeigt, daß Reduktasen schnell durch eine Oxydase bei Gegenwart von freiem Sauerstoff zerstört werden, und umgekehrt weist nun Pozzi-Escot nach, daß unter bestimmten Umständen bei großem Überschuß an Reduktase eine Oxydase in ihrer Wirkung „paralisiert" werden kann. So kann in vorübergehenden Schwankungen des Zellinhalts eine Reduktase die Oxydase augenblicklich unwirksam machen und umgekehrt. Die wichtigste Rolle der Reduktasen erblickt Pozzi-Escot in ihrer Wirksamkeit auf H_2O_2 sowohl in den Prozessen der Respiration als auch bei der Photosynthese.

In anderen Fällen treten Antifermente auf, wie beispielsweise Czapek[2]) gefunden hat. Er sah in der Hemmung eine Weiteroxydation der aus dem Tyrosin stammenden Homogentisinsäure in geotropisch oder heliotropisch gereizten Organen durch Auftreten eines Antifermentes.

Im allgemeinen erkennen wir aus den Ergebnissen der Kultur und einzelnen experimentellen Forschungen, daß Licht und Wärme die aufbauende Tätigkeit, also den Niederschlag fester Reservestoffgruppen begünstigen, während Dunkelheit und Kälte die kolloidalen Zustände im Zellenleibe erhalten oder vermehren. Ad. Sperlich[3]) hat mehrere Untersuchungen über die Schwächung der „phyletischen Potenz", die durch den Mangel in der enzymatischen Ausrüstung gegeben ist, veröffentlicht; so deutet er Anomalien verschiedener Art als Folgen geschwächter phyletischer Potenz. Unter letzterer versteht er die Fähigkeit, vollwertige, die Weiterexistenz der Art verbürgende Nachkommen zu erzeugen.

---

[1]) Pozzi-Escot, E., The Reducing Enzymes. American. Chem. Journ. XXIX, 1903, S. 517; vgl. Bot. Centralbl. 1904, Nr. 49. — [2]) Czapek, F., Antifermente im Pflanzenorganismus. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XXI (1903), S. 229. — [3]) Sperlich, Ad., Die Fähigkeit der Linienerhaltung (phyletische Potenz), ein auf die Nachkommenschaft von Saisonpflanzen mit festem Rhythmus ungleichmäßig übergehender Faktor. Anzeiger Akad. Wiss., Wien. Math.-nat. Kl. 1919, S. 165—167. — Über den Einfluß des Quellungszeitpunktes von Treibmitteln und des Lichts auf die Samenkeimung von *Alectorolophus hirsutus* All. Charakterisierung der Samenruhe. Ebendort S. 200f.

Bei normalem Witterungsverlauf liegen tatsächlich die Perioden des vorherrschend kolloidalen Zustandes des Zellinhalts, der die abbauende Tätigkeit charakterisiert, in der kälteren Jahreszeit; wir finden die Keimungsvorgänge namentlich im Herbst und Frühjahr, dagegen die aufbauende Wirksamkeit, also den Niederschlag der Reservestoffe, im Sommer.

Die notwendige, regelmäßige Folge dieser Perioden hängt aber nicht nur von der Witterung ab, sondern auch von allen Ernährungsfaktoren, wie z. B. der Wasserzufuhr, der Menge und Beschaffenheit des Nährstoffmaterials und außerdem von den verschiedenartigen Kultureingriffen, wie z. B. dem künstlichen Beschneiden. Betreffs des letzteren Punktes bietet eine Anzahl von Krankheiten uns Beispiele, wie durch die plötzliche Entfernung einer größeren Menge von Gliedern des Pflanzenleibes (Äste und Blätter) der Organismus oder viel häufiger durch Störungen der Wurzeltätigkeit (Bodenluft, Düngung), scharfe Temperaturschwankungen, Gasvergiftungen, Anästhesie u. a. zu einer Zeit, in der die Periode der Stoffspeicherung bereits vorherrschend ist, nunmehr gezwungen wird, das gespeicherte Material wieder zu mobilisieren und durch Bildung von Ersatztrieben in die vegetative Periode zurückzutreten. Bezüglich der Nährstoffzufuhr sehen wir beispielsweise, daß übermäßige Stickstoffgaben die Periode der Reservestoffspeicherung hinausschieben, indem die Neubildung vegetativer Organe über die normale Zeit hinaus fortgesetzt wird.

Dadurch wird die enzymatische Arbeitsleistung verschoben; es herrschen nun die mobilisierenden Enzyme vor, und die Pflanze tritt mit jugendlichen Organen in eine Witterungsperiode, die im normalen Verlauf ausgewachsene, reservestoffreiche Teile erfordert. Sie wird dadurch für parasitäre und nichtparasitäre Angriffe empfänglich.

Es ist aber nicht nur die augenblickliche Verschiebung der enzymatischen Funktionen, die nachteilig auf den Organismus wirken kann, sondern es müssen sich notwendigerweise daran auch eine Reihe von Folgeerscheinungen knüpfen, die in der nächsten Generation sich erst zeigen werden. Wenn wir beispielsweise unter den vielen früher geschilderten Wachstumsstörungen die Verlängerung der vegetativen Periode im Auge behalten, wie sie durch Stickstoffüberschuß erfahrungsgemäß eingeleitet wird, so ist die unmittelbare Folge die, daß die Samenproduktion, die normal in die Periode der höchsten Wärme- und Lichtzufuhr fallen sollte, in eine kühlere, lichtärmere Zeit hinausgerückt wird. Das entstehende Samenkorn hat also nicht mehr die genügende Zeit und entsprechende Witterung, um alle Prozesse des Aufbaues der Reservestoffe zu durchlaufen. Das Samenkorn wird in einem Zustande geerntet, in welchem die mobilisierenden Enzyme noch in größerer Tätigkeit sind, und es wird dadurch für Parasiten angriffsfähig, die ein vollkommen reifes Korn nicht anzugreifen vermögen. Es ist experimentell erwiesen, daß unreifes Saatgut schneller durch Schimmelpilze zugrunde geht.

Enzymatische Störungen dürften auch vielfach bei den sogenannten „Welkekrankheiten" vorliegen, so z. B. bei der von A. u. G. L. C. Howard[1]) beschriebenen an Indigofera arrecta.

[1]) Howard, A. u. G. L. C., Die Welkekrankheit der javanischen Indigopflanze (*Indigofera arrecta*) in Behar (Indien). Mem. Dep. Agric. Ind. Bot. Ser. Calcutta XI, S. 1—26, mit 5 Abb. u. 4 Taf. (1920); vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1920), S. 224.

Aber selbst wenn das weniger ausgereifte Saatgut nicht zugrunde geht, sondern in der nächsten Vegetationsperiode sich entwickelt, wird die entstehende Pflanze durch den größeren Wassergehalt und die geringere Menge von Reservestoffen des Samens zunächst beeinflußt werden müssen, und in dieser Beziehung ist die nächste Generation das Produkt der vorhergehenden und wird somit Schwächezustände durch Erblichkeit fortpflanzen.

Was von den Samen gilt, muß auch für alle anderen ausdauernden Organe seine Gültigkeit haben: die Knospe und die Ausbildung des Zweiges sind ebensogut das Produkt der vorhergegangenen Vegetationsperiode, und die Art ihrer Weiterentwicklung hängt zunächst von dem Reifezustande ab, den die im Vorjahre erlangt haben.

Verschiebungen in den enzymatischen Funktionen setzen sich also von einer Vegetationsperiode auf die andere fort, und die nachfolgend beschriebenen Krankheiten sind Beispiele für die Erblichkeit physiologischer Störungen.

Enzymatische Abwegigkeit nimmt Sorauer an bei der Kernfäule und Schwarzringigkeit des Meerrettichs (Zeitschr. f. Pflkr. IX [1899] S. 132), dem Glasigwerden der Kakteen, Orchideen, Nelken usw. Es werden dadurch Schwächezustände geschaffen, welche die Pflanzen für parasitäre Angriffe empfänglich machen. Auf diesen Punkt hat Woods mit besonderer Schärfe hingewiesen: „I called special attention to the fact, that plants rich in oxidizing enzyms were more sensitive to unfavorable conditions of temperature, moisture, and especially to insect enemies than plants poor in these enzyms“ (a. a. O. S. 22).

Bezüglich der Erkrankungen des Meerrettichs hat Sorauer ausgeführt: „Mir erscheinen daher die genannten Krankheitsformen nur als hochgradige Steigerungen einer verbreiteten Neigung zu gummoser Degeneration . . . . ., weil bei der Entstehung der Füllmassen der Gefäße auch die Schmelzung der sekundären Membranen in gewissen Fällen mitwirkt.“ Diese Anschauung wird neuerdings von A. Schleyer (Der Anbau des Meerrettichs usw., vgl. Biedermanns Zentralbl. f. Agrik., Heft 8, 1908) geteilt. Er sagt: „Das Schwarzwerden aber wird nach meiner Ansicht dadurch bedingt, daß die Pentosane und der Zucker im Meerrettich gummiartig degenerieren.“ Auch die Ansicht, daß Kalk als Heilmittel (da oft im Boden Humussäure vorhanden) anzuwenden sei, wurde durch den Versuch bestätigt. Wurden Pflanzen in Nährlösungen kultiviert, die, einmal mit Kalk, das andere Mal ohne diesen angesetzt waren, so ließ sich an der kalklosen Pflanze sehr bald die gummiartige Degeneration „des Zuckers“ nachweisen.

a) Mosaikkrankheiten[1]) der Blätter usw.

Die Albicato (Panachierung).

Die von den Gärtnern gesuchte und durch Veredlung fortpflanzbare (teilweise sogar auf die Unterlage übertragbare; vgl. unten) Erscheinung zeigt sich darin, daß einzelne Stellen, die bald kreisförmig

---

[1]) Quanjer (Quanjer, H. M., Dorst, J. C., Dijt, M. D. en v. d. Haar, A. W., De mosaiekziekte van de Solanacëen, haie verwantschap met de phloeemne crose en hare beteknis voor de aardappelcultur. Mededeel. Landbouwhoogeschool XVII. Wageningen 1919 mit 8 Taf.) schlägt vor, Mosaik-, Blattroll- und ähnliche Krankheiten als „Siebröhrenkrankheiten oder Leptosen“ zu bezeichnen.

im Diachym, bald als keilförmige Streifen zwischen den Rippen, bald als zusammenhängende Zone des Blattrandes auftreten, weißgefärbt erscheinen. Der Grad der weißen Farbe ist verschieden. Vom reinsten Weiß bis zum Quittengelb zeigen sich die mannigfachsten Übergänge, welche bei manchen Pflanzen noch weitere Farbennuancen durch Auftreten roter Farbentöne liefern; dadurch wird dann die eigentliche Buntblätterigkeit (coloratio, Chromatismus) erzeugt. Küster[1]) unterscheidet marginale, sektoriale, marmorierte und pulverulente Panachierung.

Ein sehr bekanntes Beispiel für die Weißfleckigkeit ist das Bandgras unserer Gärten (*Phalaris arundinacea f. picta*), bei dem die weißen Partien abwechselnd als Streifen zwischen den Rippen auftreten. Noch auffallender ist eine Spielart des eschenblätterigen Ahorns (*Acer negundo*[2])), welche bisweilen an einzelnen Zweigen eine ganz weiße Belaubung zeigt. Als Beispiel für das Auftreten der Buntfärbung sowie der Weißfärbung sei die Familie der Aroideen genannt; unter diesen zeigt die häufig im Zimmer kultivierte ,,Kalla" (*Zantedeschia Aethiopica*) Blätter, die oft so blendend weiß sind wie die dütenförmige Blütenscheide; an die *Zantedeschia* schließen sich die bunten Caladien, die Lieblinge unserer Warmhäuser an, von denen einige nur weißgefleckt, andere weiß und rot und endlich manche nur rotgefleckt sind.

Schwerlich zu trennen ist davon die Weißfleckigkeit der Blüten und die seltenere Panachierung der Früchte, von denen Dufour[3]) interessante Fälle bei Weintrauben beschreibt.

Wenn wir eine größere Anzahl von buntblätterigen Pflanzen untersuchen, so finden wir in den Zellen alle Abstufungen vom normalen Chlorophyllkorn bis zum gänzlichen Verschwinden der geballten Träger des Chlorophyllfarbstoffes. Die gelb erscheinenden Pflanzenteile zeigen häufig noch die Chlorophyllkörper als gelbe, schwammig aussehende Ballen oder Scheiben in den Zellen; je reiner weiß die Pflanzenteile erscheinen, desto weniger ist selbst von ungefärbten Chlorophyllkörnern noch zu entdecken, und desto mehr nimmt das Plasma die Beschaffenheit einer gleichmäßigen Wandauskleidung an. Die Interzellularräume sind luftreicher und bisweilen größer.

Mit dem Schwinden des Chlorophyllkörpers hört auch die Kohlensäurezersetzung, die Assimilation, des Blattes auf. Cloez[4]) und später auch Engelmann[5]) fanden folgerichtig, daß die Blätter nur im Verhältnis ihres Chlorophyllgehaltes Kohlensäure zersetzen. Die verschiedenen Abstufungen der gelben Panachierung beruhen auf geringeren Quantitäten derselben Chlorophylline und Xanthophylle, wie sie im normalen grünen Blatte vorkommen[6]), und dementsprechend wird auch ihre assimilatorische Tätigkeit sein.

Bei den reinweißen Blättern kommt es vor, daß der Zellinhalt über-

[1]) Küster, E., Über weißrandige Blätter und andere Formen der Buntblätterigkeit. Biolog. Centralbl. XXXIX (1919), S. 212—251 mit 27 Abb. — Weiter Küster, E., Beiträge zur Kenntnis der panachierten Laubgehölze. Mitt. Dt. dendrol. Ges. 1919, S. 85—88, mit 8 Abb.

[2]) Vgl. auch besonders Lakon, G., Die Weißrandpanachierung von *Acer negundo*. Zeitschr. f. indukt. Abst. u. Vererbl. XXVI (1921), S. 270—284. Nach dem Verf. ist diese Pflanze eine hochkomplizierte vielfache Chimäre, die an einem Individuum fast alle denkbaren Kombinationen von sektorialer und periklinaler Verteilung von Grün und Weiß vereinigt (vgl. E. Baur über *Pelargonium zonale*). Auch hier gehen aus grünen Zellen nur grüne und aus weißen nur weiße hervor. — [3]) Dufour, J., Panachierte Trauben. Chronique agric. du canton de Vaud, 1904. — [4]) Compt. rend. LVII, S. 834. — [5]) Engelmann, Farbe und Assimilation, Bot. Zeit. 1883, Nr. 1 und 2. — [6]) Kränzlin, G., Anatomische und farbstoffanalytische Untersuchungen an panachierten Pflanzen. Inaug.-Diss. Berlin 1908.

haupt nicht bis zur Bildung des Chlorophylls gekommen ist, sondern daß das Material des Chlorophyllkorns im jugendlichen Entwicklungsstadium stehen geblieben ist. Bei den gelben Formen findet man Chloroplasten zwar mindestens noch in der Knospe, vielfach auch später, aber in dem Maße, wie sie der reinweißen Zone sich nähern, schwinden die geformten Inhaltskörper der Zelle. Die von Church[1]) ausgeführten Analysen können als eine gute Bestätigung dienen. Zur Verwendung kamen weißfleckige Varietäten von *Acer negundo*, Efeu, *Hedera helix*, und Stechpalme, *Ilex aquifolium*; sie

	Acer		*Ilex*		*Hedera*	
	weißbl.	grünbl.	weißbl.	grünbl.	weißbl.	grünbl.
besaßen an Wasser . .	82,83%	72,70%	74,14%	62,83%	78,88%	66,13%
organischer Substanz .	15,15 „	24,22 „	23,66 „	35,41 „	18,74 „	31,63 „
Asche	2,02 „	3,08 „	2,20 „	2,47 „	2,38 „	2,24 „

Die grünen Blätter zeigen also, gegenüber den weißfleckigen, beträchtlich größere Trockensubstanzmengen, und die Aschenbestandteile bilden bei letzteren (wie überall, wo Ernährungsstörungen sich geltend machen), einen größeren Prozentsatz der Trockensubstanz. Der Stickstoffgehalt bei Efeu und Stechpalme war bei den weißen Blättern reicher im Verhältnis zur Trockensubstanz. Auch dieses Resultat ist erklärlich; denn wenn der Chlorophyllapparat, dessen Notwendigkeit zur Erzeugung des Stärkekorns und anderer Kohlehydrate außer Zweifel ist, nur spärlich vorhanden ist, so wird die Trockensubstanzmenge herabgedrückt und die absolut geringere Menge stickstoffhaltiger Substanz relativer erhöht erscheinen. Daß die in Alkohol und Äther löslichen Substanzen bei den weißen Blättern von Efeu und Stechpalme nur ungefähr die Hälfte der Menge betrugen als bei den grünen Blättern, darf ebenfalls nicht wundernehmen.

Sehr wichtig ist die prozentische Zusammensetzung der Asche; es fand sich bei

	Acer		*Ilex*		*Hedera*	
	weiß	grün	weiß	grün	weiß	grün
an Kali	45,05%	12,61%	35,30%	16,22%	47,20%	17,91%
Kalk	10,89 „	39,93 „	21,50 „	34,43 „	12,92 „	48,55 „
Magnesia	3,95 „	4,75 „	3,23 „	2,43 „	1,11 „	1,04 „
Phosphorsäure . . .	14,57 „	8,80 „	9,51 „	7,29 „	10,68 „	3,87 „
Eisenoxyd.	? „	? „	3,11 „	3,11 „	2,62 „	2,31 „

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß die rein albikaten Organe sich dem Jugendzustand der grünen Blätter nähern, also gleichsam auf jugendlichem Entwicklungsstadium[2]) stehen geblieben sind. Griffon[3]) kommt

---

[1]) Church, Variegated leaves. Gardeners Chronicle 1877, 2, S. 586.

[2]) Die Untersuchungen von Fallada (Österr.-Ungar. Zeitschr. f. Zuckerindustrie und Landw., Heft V, 1907) über die Weißblätterigkeit der Rüben sprechen gleichfalls für die Anschauung aus, daß die weißen Blatteile auf einem jüngeren Entwicklungsstadium stehen bleiben und bei mangelhafterem Zellinhalt den Einfluß von Licht und Wärme mehr empfinden als die grünen Organe. Die albikaten Blätter besaßen einen größeren Wassergehalt; die geringere Menge organischer Substanz zeigte eine relative Vermehrung des Eiweißes, namentlich aber der nicht eiweißartigen Stickstoffverbindungen. Der Kali- und Phosphorsäuregehalt war größer, der Kalk- und Kieselsäuregehalt geringer. — Stehlik, V. (Beitrag zum Studium der Abnormitäten bei der Zuckerrübe, Zeitschr. f. Zuckerindustrie d. tschechosl. Rep. XLV [1921], S. 409—414, mit 6 Abb.) beschreibt eine Samenrübe mit einem grünen und einem weißen Trieb. Das 100-Korngewicht von weiß zu grün nur 1,29 : 2,21, die Keimfähigkeit 6,2 : 80; je 100 Knäuel 112 : 145; Vererbung nur durch die Mutter (Baur).

[3]) Grifno, Ed., L'assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes. Annal. sc. nat. 8. sér. X, S. 1—123 (1899); vgl. Bot. Jahresber. 1899, 2, S. 151.

zu dem Schlusse, daß panachierte Pflanzen sich im allgemeinen wie etiolierte verhalten, die wir auch mit dem permanenten Jugendzustande verglichen haben. In den gelben Übergangsstadien ist der Befund sehr verschiedenartig. Bei *Abutilon Thompsoni* fand Sorauer in manchen Blättern den Zellinhalt noch derartig gruppiert wie im rein grünen Teile, d. h. mit Chloroplasten versehen, die in ihren Umrissen rundlich-eckig, in ihrer Lagerung normal wandständig sich erwiesen, aber blaßgelb oder farblos waren und stark gekörnelten Inhalt führten. In anderen Zellen war die Substanz der Chloroplasten zu unregelmäßigen, körnigen Ballen vereinigt, die mit Jodglyzerin und teilweise auch mit Schwefelsäure sich blau färbten und als Carotin anzusprechen sein dürften. Auch Kohl[1]) gibt bei der Untersuchung goldgelber Blätter neben β-Xanthophyll und Phyllofuscin das Carotin (Etiolin) an.

Der Unterschied im Dickendurchmesser des Blattes, d. h. die auffällig geringere Dicke der reinweißen Teile gegenüber den reingrünen Blattstellen nimmt um so mehr ab, je mehr sich der Farbenton vom reinen Weiß entfernt, die Blattstellen also gelber werden. Diesen Umstand hebt auch Timpe[2]) hervor und betont, daß bei Pflanzen mit Schleimzellen (*Ulmus*, *Crataegus*) die albikaten Teile ärmer an solchen Zellen sind. Dagegen erwies sich der Gerbstoffgehalt in den weißen Teilen meist größer. Stärke ist selten, soll aber nach Timpe auf Zuckerlösung von den albikaten Stellen oftmals reicher als von den grünen gebildet werden. Auch Gertz[3]) fand in den kleinen bleibenden, daher oft zerreißenden weißen Feldern bei buntblättrigem *Mercurialis perennis* in Südschweden Stärke. Monokotyledonen speichern auf Zuckerlösung keine Stärke.

Von anderen Autoren wird angegeben, daß die reinweißen Stellen keine Stärke führen, da sie nicht assimilieren. Die Widersprüche erklären sich durch die Übergangsstufen zur goldgelben Färbung, welche zwar kein Chlorophyll, wohl aber ein Xanthophyll und Carotin enthalten und im Lichte (wie etiolierte Blätter) Sauerstoff ausscheiden (Kohl a. a. O.).

Interessant ist die Tatsache, daß bei manchen Pflanzen die reine Albicatio durch Veredlung[4]) auf die Unterlage überzugehen vermag. Versuche dieser Art mit positivem Erfolge meldet bereits Meyen[5]) aus dem Jahre 1700 bzw. 1710 von *Jasminum officinale*. „Wenn ein Zweig des Jasmins mit gesprenkelten Blättern auf ein gesundes Stämmchen desselben Jasmins gepfropft wird, so bekommen auch die übrigen, oberhalb und unterhalb des Pfropfreises sitzenden Zweige gleichfalls gesprenkelte Blätter.“ Später haben besonders Lindemuth[6]) (der auch die Rotfärbung des Kartoffelstengels auf grünstengelige Formen (vgl. oben Anthozyan S. 57) bewirkte, vgl. auch Küster, Pathol. Pflanzenanat.

---

[1]) Kohl, F. G., Untersuchungen über das Carotin und seine physiologische Bedeutung in der Pflanze. Leipzig, Bornträger, 1902.

[2]) Timpe, H., Beiträge zur Kenntnis der Panachierung. Dissertat., Göttingen 1900.

[3]) Gertz, O., Panachering hos *Merc. p.*, en morfologisk, anatomisk och mikrokemisk studie. Botaniska Not. 1919, S. 153—164 mit Abb.

[4]) Daß auch andere Abänderungen durch Veredlung auf die Unterlage übergehen können, zeigte A. F. Blakeslee (A graft-infections disease of Datura resembling a vegetative mutation. Journ. of genetics XI (1921), S. 14—36. Die Form zeigte stark gezähnte Blätter, geschlitzte Blüten usw.

[5]) Meyen, F. J. F., Pflanzenpathologie. Berlin 1841, S. 288.

[6]) Lindemuth, Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landwirtschaftl. Jahrbücher, 1878, Heft 6. — Gartenflora 1901, 1902, 1904.

S. 59) und neuerdings auch Baur[1]) sich mit der Frage beschäftigt. Letzterer hat die Theorie aufgestellt, daß die gelbbunten Formen als Spielarten oder Mutationen, die zum Teil samenbeständig sind, zu betrachten wären, die reinweißen aber als durch Infektion erkrankte Exemplare davon abzutrennen seien. Allerdings sei der Infektionskörper kein Lebewesen, sondern ein unbekanntes stoffliches Etwas, ein Virus, das innerhalb der kranken Pflanze an Menge zunehmen kann. Dieses Virus kann ein Stoffwechselprodukt der kranken Pflanze sein, das imstande ist, die jungen Chlorophyllkörner so zu affizieren, daß sie sich nicht zu normalen Organen entwickeln, sondern zu Mißbildungen, in denen dann dasselbe Virus immer neu gebildet wird. Oder aber es kann ein Stoffwechselprodukt der kranken Pflanze sein, das in gewissem Sinne die Fähigkeit des Wachsens hat, d. h. Stoffe, die mit ihm identisch sind, aus anderen Verbindungen abspalten oder Stoffe dieser Art synthetisch neu aufbauen kann[2]), wenn der Prozeß durch irgendeine Ursache einmal eingeleitet ist (ähnlich also etwa, wie die Verbindung des Sauerstoffes der Luft mit einer verbrennlichen Substanz erst durch eine vorhandene Flamme eingeleitet werden muß, dann aber fortgesetzt wird).

Dieser Gedankengang ist bereits früher von Pantanelli[3]) in präziserer Form zum Ausdruck gebracht und später ergänzt worden. Genannter Autor sagt[4]): „Der Albinismus ist keine Infektionskrankheit, sondern eine konstitutionelle Krankheit, deren erste Zeichen als abnorme Anhäufung von abbauenden, vor allem von oxydierenden Enzymen auftreten.“ „Durch die Leptombündel verbreiten sich die zerstörungbringenden Stoffe, sei es durch enegertische Beeinflussung benachbarter und kommunizierender Protoplasten, sei es durch materiellen Transport durch Siebröhren und analoge Elemente über den ganzen Körper und gelangen in die sich streckenden Blattstiele, dann in die Hauptrippen der Blätter. Hier beeinflussen sie alle Parenchymzellen, womit sie in Verbindung treten, offenbar mehr energetisch oder durch schlechte Nahrungsversorgung und -ableitung.“ Die Übertragung der Erscheinungen von dem Edelreis auf die Unterlage kommt also dann zustande, wenn bei der Veredlung die Leptomverbindung zwischen beiden Komponenten sich hergestellt hat.

Diese Anschauung beruht auf experimentellen Studien. Es ist durch die chemische Untersuchung nachgewiesen, daß das „Protoplasma und seine Plastiden durch abnorme Bildung von starken abbauenden Enzymen allmählich angegriffen und verdaut werden kann“. In den intensiveren Fällen von Albinismus ist überhaupt keine Anhäufung von mineralischen oder organischen Salzen oder Zuckerarten nachzuweisen.

Über das Verhalten der Stickstoffverbindungen gibt eine Bestimmung von Pantanelli bei Ulmusblättern Aufschluß. Er zerrieb grüne und

---

[1]) Baur, Erwin, Zur Ätiologie der infektiösen Panachierung. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. XXII (1904), S. 453. — Weitere Mitteilungen über die infektiöse Chlorose der Malvaceen und über einige analoge Erscheinungen bei *Ligustrum* und *Laburnum*. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. XXIV (1906), S. 416. — Vgl. auch Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 3. Aufl., S. 241 (infektiöse Panachierung).

[2]) Baur, E., Über die infektiöse Chlorose der Malvaceen. Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss., 11. Januar 1906.

[3]) Pantanelli, E., Studii sulalbinismo nel regno vegetale. Malpighia. XV—XIX (1902—1905).

[4]) Pantanelli, E., Über Albinismus im Pflanzenreich. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 1.

panachierte Blätter mit den nötigen Vorsichtsmaßregeln und ließ den Brei in einem Kolben acht Tage stehen. Der ursprüngliche Wassergehalt bei den grünen Blättern betrug durchschnittlich 60,67 %, bei den panachierten Blättern desselben Baumes zu derselben Zeit 73,8 %.

Grüne Blätter enthielten (in Prozenten des Trockengewichtes):

	beim Ansetzen	nach acht Tagen
Gesamtstickstoff	3,355 %	3,3250 %
Proteinstickstoff	3,324 %	0,9212 %
Nichteiweißstickstoff	0,031 %	2,4050 %

Panachierte Blätter enthielten (in Prozenten des Trockengewichtes):

	beim Ansetzen	nach acht Tagen
Gesamtstickstoff	2,681 %	2,576 %
Proteinstickstoff	2,274 %	0,604 %
Nichteiweißstickstoff	0,407 %	1,972 %

Die Autolyse im Saft von panachierten Blättern ist also verhältnismäßig tiefergehend als in grünen. Der Stickstoffgehalt[1]) ist in albikaten Organen bedeutend geringer, aber der prozentische Gehalt an nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen größer. Dabei kann die reichlich vorhandene Phosphorsäure doch in einer Form gebunden sein, daß sich Lezithin nicht bilden und der Chloroplast sich nicht aufbauen kann. Auch ein stärkespaltendes Enzym scheint nach Pantanellis Untersuchungen in den panachierten Blättern reichlicher als in den grünen vorhanden zu sein, wenigstens in der Jugend. Neuerdings hat Pantanelli[2]) als Ursache der Mosaikkrankheit von *Hypochoeris radicata* die Saugstichverletzung von Blattläusen angenommen; er vermutet, daß solche Verletzungen von Insekten und Milben auch als Ursache der Mosaikkrankheit anderer Pflanzen zu betrachten sind.

Sorauer hat in der zweiten Auflage dieses Handbuches (S. 195) auf die Stoffarmut der albikaten Teile hingewiesen und folgende Ansicht ausgesprochen: Bei der normal ernährten Blattzelle ist so viel Plasma vorhanden, daß nicht nur das Material zum Ausbau der Zellwand geliefert werden kann, sondern auch noch reichlich die Chlorophyllkörner erzeugt werden können. Wird die Zufuhr zur jungen Zelle zu früh abgeschnitten, indem das das Protoplasma vermehrende Material zu spärlich zufließt und die Zellwand zu früh alt wird, so hat die Zelle nur den ersten Teil ihrer Arbeit, die Ausbildung der Wand, tun können, und sie hat nichts erübrigt, um die Apparate für den Reduktionsprozeß und die Vermehrung der Trockensubstanz herzustellen oder zu erhalten. Derselbe Mangelzustand muß bei der normal ausgebildeten Zelle eintreten, wenn sie in Wachstumsverhältnisse gerät, die eine Anhäufung abbauender, namentlich amylolytischer Enzyme bedingen, wodurch sie den Jugendstadien wieder näher gerückt wird. Bringt man die Pflanzen in Verhältnisse, welche die normale vegetative Tätigkeit begünstigen (Schatten, Feuchtigkeit und Wärme), so werden die albikaten Achsenteile geneigt, grüne Blätter zu produzieren. Diese Beobachtung wird durch eine Erfahrung

[1]) Vgl. auch Jodidi, S. L., Moulton, S. C., und Markley, K. S., The Mosaik Disease of Spinach as characterised by its Nitrogen Constituents. Journ. of Amer. Chem. Soc. XLII (1920), S. 1061—1070.

[2]) Pantanelli, F., Sulla causa del „mosaico" delle siante. Bollet. mens. di informaz. e notizie 1920, S. 40; vgl. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII, S. 167f.

von Lindemuth gestützt, der eine wesentliche Begünstigung der Weißfleckigkeit durch intensive Lichtwirkung konstatierte. Ernst[1]) in Caracas erwähnt, daß das in dortiger Gegend gewöhnliche *Solanum aligerum* sich nicht selten buntblätterig findet. Diese Erscheinung tritt jedoch nur auf magerem Boden auf. Stark buntblätterige Exemplare in besseren Boden verpflanzt, wurden grün. Bei *Urtica dioeca* konnte Beijerinck[2]) schon in einem Jahre aus der bunten Form wieder die grüne durch Stecklinge zurückerlangen.

Heinricher[3]) gelang es, die Panachierung bei *Tradescantia Fluminensis* durch Kultur der Pflanzen in schwacher Belichtung zum Verschwinden zu bringen. Die Blätter werden kleiner und die chlorophyllosen Streifen schmäler, bis sie schließlich ganz verschwinden. War das letztere eingetreten, so blieben die Pflanzen auch in günstigem Licht nach der Erzeugung neuerer größerer Blätter grün; waren aber noch Teile der Streifen vorhanden, so kehrte die Buntblättrigkeit wieder zurück. Heinricher deutet das Verschwinden der weißen Streifen bzw. damit das des Enzyms so, daß die weißen Teile gewissermaßen vom Überschuß der Assimilate parasitisch leben und daß dann schließlich bei andauernder Beschattung für die Bildung des Enzyms nichts mehr übrig bleibt und dieses dadurch verschwindet.

Dies Verschwinden der Buntblättrigkeit bei *Tradescantia* wurde schon vorher von Laubert[4]) beobachtet. Er fand in der Anordnung der Streifen auf der linken bzw. rechten Seite des Blattes eine gewisse Gesetzmäßigkeit.

Die Gewebe aber mit geringer konzentriertem Zellsaft sind weniger widerstandsfähig. Tatsächlich sind die weißblättrigen Pflanzenteile empfindlicher gegen Hitze, Frost und Trockenheit und sterben früher ab. Die häufigsten Beispiele finden wir bei dem weißblättrigen *Acer negundo*, bei dem auch die Rinde der Zweige albikat wird. Sonnenbrand im Sommer und Winterfrost töten fast alljährlich die exponiertesten Zweige. Auch bei Koniferen kommen derartige Fälle vor[5]). Ebenso gehen Sämlinge mit weißen Kotyledonen und Plumularblättern sehr leicht zugrunde; Sorauer hat bei größeren Aussaaten von Obstsorten verschiedener Art nicht selten rein weiße oder weiße mit rötlichem Anfluge versehene Sämlinge gefunden; dieselben wurden stets mit besonderer Aufmerksamkeit behandelt, gingen aber nach einiger Zeit zugrunde, falls sie nicht anfingen, grüne Blatteile zu produzieren. Dergleichen Beobachtungen liegen auch von anderer Seite vor, wie z. B. bei *Phormium tenax* (de Smet), *Passiflora quadrangularis* sowie bei *Dahlia variabilis*, *Dianthus caryophyllus*, Eichen (Graebner) und Liliaceen (Lindemuth). Bei dem Mangel an Reservestoffen in den albikaten Zweigen ist auch die weitere Beobachtung erklärlich, daß deren Stecklinge schwerer wachsen

---

[1]) Botanische Miszellen. Bot. Zeit. 1876, S. 37.

[2]) Beijerinck, M. W., Chlorella variegator, ein bunter Mikrobe. Rec. trav. b. Neerl. I, S. 14 (1904); vgl. Bot. Centralbl. CIV, 1907, S. 333.

[3]) Heinricher, E., Rückgang der Panachierung und ihr völliges Erlöschen als Folge verminderten Lichtgenusses nach Beobachtungen und Versuchen mit *Tradescantia Fluminensis* Vell. var. *albo-striata*. Flora NF. IX (1916), S. 40—54.

[4]) Laubert, R., Über die Panaschüre (Buntblätterigkeit) der *Tradescantia fluminensis*. Aus der Natur 1910, S. 425—429.

[5]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VI, 1896, S. 361.

als die von den grünen Teilen desselben Individuums; man denke beispielsweise an Hortensien mit reinweißen Blättern, an Pelargonien aus der Gruppe der „Miß Pollack", „Mädchen aus der Fremde" usw.

Lindemuth beobachtete auch bei *Abutilon*, daß albikate Blätter meist kleiner und von kürzerer Lebensdauer sind. Wir erinnern in dieser Beziehung an die auch bei unseren wilden Pflanzen nicht selten vorkommende Erscheinung, daß da, wo die eine Blatthälfte weiß, die andere grün ist, die erstere kürzer bleibt und die letztere deshalb in größerem Bogen um die weiße Hälfte sichelförmig sich herumkrümmt (*Cichorium*, *Beta*). Bei marmorierten Blättern erscheinen die weißen Felder eines Blattes oft gespannt, die grünen runzelig bis blasig; auch die Achsen zeigen bisweilen im albikaten Teile eine Verkürzung, wie die bunte *Kerria japonica* beweist, deren grüne Triebe desselben Stockes und Alters bisweilen um einen Meter höher sind als die weißbunten; ebenso verhalten sich *Sambucus*, *Weigelia*, *Acer negundo* u. a.

Eine experimentell wiederholt geprüfte Erscheinung führt Timpe[1]) in seiner neuesten Arbeit an. Er hat die von Molisch[2]) zuerst beschriebenen Versuche mit der weißgrün panachierten Varietät von *Brassica oleracea acephala* wieder aufgenommen und dasselbe Resultat gefunden, nämlich daß die leuchtend weiße Färbung der Blattflächen, die im Winter im Kalthause bis Februar ihre höchste Ausbildung erhält, alsbald nachläßt und schließlich verschwindet, wenn die Pflanzen in ein Warmhaus gebracht werden. Molisch schaffte weiß-bunte Pflanzen aus einem Kalthause mit $+4-7°$ C in ein Warmhaus von $+12-15°$ C. Dort ergrünten die schon vorhandenen Blätter nach 8—14 Tagen; die neu gebildeten erscheinen sogleich grün. Abermals ins Kalthaus gebracht, bildeten die Exemplare wieder weiß-bunte Blätter. Hierher gehört auch die Mitteilung von Weidlich[3]), daß *Selaginella Watsoniana* nur bei $+10°$ C kultiviert werden darf, wenn sie weiße Spitzen bilden soll. In diesen Fällen ist also die den Verlust der Albicatio hervorrufende Steigerung der vegetativen Funktionen durch die Erhöhung der Wärme bedingt, während die albikaten Blätter je nach der Natur der Pflanzen und ihrem lokalen Ernährungszustande in anderen Fällen durch Licht- und Wärmeabnahme, durch die die Vegetationszeit verlängernde Steigerung der Stickstoff- oder Kalizufuhr wieder auf das Optimum ihrer Funktionen und zur normalen Chlorophyllbildung zurückgeführt werden können.

Mangelhafte Stoffzufuhr, häufig zum Ausdruck kommend durch Steigerung von Gerbstoffen und Abwesenheit von Stärke, Kleinwerden der Zellen und Vergrößerung der Interzellularen, betont auch Timpe bei seinen sorgfältig ausgeführten Versuchen. Eine Erscheinung, die ihm selbst befremdlich vorkommt, aber gerade der beste Beweis für unsere Anschauung ist, beschreibt er bei *Ulmus*, bei der sich der üppige Frühjahrstrieb weiß-bunter Reiser nach dem Auspflanzen des Baumes völlig grünblätterig entwickelte, der Hochsommerbetrieb mit seinem Wassermangel und Licht- und Wärmeüberschuß aber wieder die richtige Panachierung zeigte (a. a. O. S. 68).

Kalt[4]) hat Züchtungsversuche mit chlorophyllosen Getreidepflanzen

---

[1]) Timpe, Heinrich, Panachierung und Transplantation. Jahrbuch d. Hamburg. wiss. Anstalten XXIV (1906), Beiheft 3. — [2]) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XIX, 1, S. 32. — [3]) Gartenflora 1904, S. 585. — [4]) Kalt, Bertr., Ein Beitrag zur Kenntnis chlorophylloser Getreidepflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenzucht IV (1916), S. 143—150.

angestellt; er fand bei Bastardierungen, daß die Nachkommen veredelten mit Grün als dominierendem Faktor; vgl. auch unten S. 912 über Mosaikkrankheit der Bohnen und Sojabohne.

Die Mosaikkrankheit des Tabaks u. a.

Die neueren Autoren, welche über die Albicatio geschrieben haben, erwähnen bereits die Verwandtschaft dieser Erscheinung mit der Mosaikkrankheit des Tabaks.

Dieser Name stammt von Adolf Mayer, der im Juli 1879, zu welcher Zeit die Krankheit in Holland bereits in besorgniserregender Weise aufgetreten war, kranke Pflanzen vom Verein für Landwirtschaft (Abteilung Wijk bij Duurstede) zur Untersuchung zugeschickt bekam und 1885 seine Untersuchungsergebnisse in einem holländischen Journal, im folgenden Jahre in den „Landwirtschaftlichen Versuchsstationen“[1]) veröffentlichte. Nach F. W. T. Hunger[2]) hat van Swieten im Jahre 1857 zuerst die Aufmerksamkeit auf die mosaikartige Buntblätterigkeit des Tabaks in den holländischen Kulturen gelenkt, erwähnt aber bei seinen späteren Studien der Tabakkultur in Kuba die Krankheit, die damals „Rost“ genannt wurde, noch nicht. Jetzt dürfte die Erscheinung in allen tabakbauenden Ländern vorhanden sein und hat demgemäß eine Menge Namen erhalten. So erwähnt Hunger, daß sie in Holland nicht nur als „Rost“, sondern stellenweise als „Bunt“ oder „Fäule“ bezeichnet wird. In Deutschland gilt der Name „Mosaikkrankheit“[3]); stellenweise geht sie als „Mauke (Mauche)“; in Frankreich heißt sie „La Mosaique“ oder „Nielle“ oder „Rouille blanche“; in Ungarn bezeichnet man sie „Mozaikbetegsege“, und die Tataren in Südrußland nennen sie „Bosuch“. In Italien wird sie beschrieben unter den Namen „Mal de Mosaico“ oder „Mal della bolla“. In Amerika heißt sie in den nördlichen Staaten „Calico“ oder „Frenching disease“, in den Südstaaten dagegen „Brindle“ oder „Mongrel disease“. Schwer leiden auch die Kulturen in Java, Borneo und Sumatra. Die Javaner nennen die Krankheit „Poetih“, während sie in Deli unter dem chinesischen Namen „Peh-sem“ bekannt ist[4]).

Man darf die Mosaikkrankheit als die zur Zeit gefährlichste Erkrankung der Tabakpflanze bezeichnen, und daraus erklärt sich, daß sie von vielen Seiten eingehend studiert worden ist. Aber die Ergebnisse sind einander immer noch vielfach widersprechend. Während einzelne Forscher, mit großer Zähigkeit der alten Theorie folgend, durchaus Mikroben finden wollen und gefunden zu haben glauben, verteidigen andere die Ansicht, daß hier eine ansteckende Krankheit vorliegt, deren Ursache in unzweckmäßiger enzymatischer Tätigkeit gesucht werden muß.

Diese Verschiedenartigkeit der Anschauungen erklärt sich teilweise daraus, daß man als Mosaikkrankheit verschiedene Erscheinungen zu-

---

[1]) Mayer, Adolf, Die Mosaikkrankheit des Tabaks. Landw. Versuchsstat. 1886, XXXII, S. 450, Taf. III.

[2]) Hunger, F. W., Untersuchungen und Betrachtungen über die Mosaikkrankheit der Tabakspflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XV (1905), S. 257.

[3]) Diese und alle anderen bekannten Tabakkrankheiten vgl. in der neuerdings erschienenen umfangreichen Arbeit von Hj. Jensen, Ziekten van den Tabak in de Vorstenlanden. Proefstat. voor Vorstenlandsche Tabak. Mededeeling XL. Leiden, mit 59 Taf. (1921).

[4]) Hunger a. a. O.

sammengefaßt hat, die nicht zusammengehören, anderseits kann aber die Krankheit auch tatsächlich unter wechselnden Formen auftreten.

Betreffs der Schilderung der Krankheitssymptome folgen wir Delacroix[1]), der zwei Stadien unterscheidet: 1. Verfärbungen, 2. Gestaltänderungen der erkrankten Blätter. Bei dem ersten Symptomenkomplex zeigt der Blattrand scharf abgegrenzte verschiedenfarbige Flecke von einem fahlen Grün, das ins Weißliche spielt, aber nicht in das Gelbgrüne wie bei der Chlorose. Die blaßgrünen Regionen sind vermischt mit Flecken von dunkelgrüner Farbe, und dieses Grün ist dunkler als das des normalen Blattes. Bei durchfallendem Lichte werden die Farbenunterschiede noch deutlicher, und bei dem Befühlen des Blattes bemerkt man, daß die dunkelgrünen Stellen etwas dicker als die bleichen sind. Vor Delacroix hatte schon Iwanowski[2]) hervorgehoben, daß die Seitentriebe, die sich aus den Achseln erkrankter Blätter entwickeln, wiederum mosaikkrank werden. Dieser Umstand ist sehr wichtig und bezeichnend für die Krankheit, bei der stets die Verfärbungen im Jugendzustande der Blätter entstehen. Ausgewachsene Blätter erkranken in der Regel nicht mehr. Manchmal werden die dunkelgrünen Stellen etwas vorgewölbt, so daß das Blatt eine krause Oberfläche annimmt, in anderen seltneren Fällen tritt Reduktion der Blattfläche ein, die sich derart steigern kann, daß an der ganzen Pflanze statt mancher Blätter nur Blattmittelrippen vorhanden sind. Letzteres Merkmal ist von Heintzel[3]) und Iwanowski erwähnt worden, aber es ist nach Hunger (a. a. O. S. 274) nicht typisch für die Krankheit, sondern von ihm auch in Deli bei gesunden Pflanzen auf freiem Felde beobachtet worden.

Wir sehen also bei der Mosaikkrankheit dieselben Merkmale wie bei der Albicatio: scharfe Grenzen der Flecke, größere Dicke der grünen Stellen und bisweilen Reduktion der Blattflächen, die im bunten Teile kleiner bleiben. Auch die künstliche Übertragbarkeit ist vorhanden und geht wahrscheinlich dieselben Wege, nämlich mittels der Leptombündel. Nur insofern ist ein Unterschied, als bei der Mosaikkrankheit eine noch bedeutend leichtere Übertragbarkeit vorhanden ist. Jede kleinste Saftmenge, die von einer kranken Pflanze auf die Wunde einer gesunden gelangt, genügt unter Umständen zur Ansteckung. Wir geben als Beispiel die Beschreibung eines Impfversuches, den Koning[4]) ausgeführt hat, indem er in eine vollkommen gesunde Pflanze am 5. Juli einen Einschnitt in den Stengel bis an die Gefäßbündel machte und in den Einschnitt ein kleines Stück des gefleckten Blattes einer kranken Pflanze brachte. Am 20. Juli begann sich am Rande eines dunklen Blattes zwischen den schwachen Nerven ein dunkles Fleckchen zu zeigen. Im Verlauf der folgenden Tage erschienen an den anderen jungen Blättern ebenfalls Fleckchen, während das Blatt selbst durch „Vergrößerung des Palisadengewebes ein unebenes, unregelmäßiges Aussehen bekam.“ Der Blattrand erschien stellenweise eingeschnürt oder eingebuchtet. Später nun vertrockneten diese Flecke,

[1]) Delacroix, Georges, Recherches sur quelques maladies du Tabac en France. Paris 1906, p. 18. Extrait des Annales de l'Institut national agronomique. 2 ser. tome V.

[2]) Iwanowski, D., Über die Mosaikkrankheit der Tabakpflanze. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XIII (1903), S. 1ff.

[3]) Heintzel, Kurt, Kontagiöse Pflanzenkrankheiten ohne Mikroben mit besonderer Berücksichtigung der Mosaikkrankheit der Tabaksblätter. Inaug.-Dissert. Erlangen 1900.

[4]) Koning, C. J., Die Flecken- oder Mosaikkrankheit des holländischen Tabaks. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1899, S. 65.

nachdem sie eine rotbraune Färbung angenommen hatten. Bei den größeren Flecken nahm Koning eine konzentrische Zonung wahr, von der die äußersten Zonen am dunkelsten waren. Nicht selten sah er ganze Blattstücke herausfallen. Letztere Merkmale werden von anderen Beobachtern nicht erwähnt, was Sorauers Ansicht stützt, daß die Krankheit an verschiedenen Orten und bei verschiedenen Tabaksorten abweichende Bilder liefern kann.

Über die anatomische Beschaffenheit der kranken Blätter gibt Koning nur spärliche Notizen. Im allerjüngsten Zustande der Flecke, wo eine Differenzierung von Palisaden- und Schwammparenchym noch nicht eingetreten ist, zeigen sich dunkle Streifen zwischen den Zellen, die auffällig große lufterfüllte Interzellularräume darstellen; dieselben erhalten sich auch bei fortschreitender Gewebeausbildung. An der Epidermis ist zunächst keine Veränderung zu beobachten; später schrumpft sie, wird braun und vertrocknet, wenn das Chlorophyll in dem darunter liegenden Gewebe desorganisiert wird und die Zellen zusammentrocknen.

Im großen Betriebe erfolgt die Ansteckung der Pflanzen meist durch die Arbeiter, die bei dem Ausgeizen der Pflanzen und anderen Vorrichtungen Wundstellen erzeugen. Die Berührung solcher Stelle mit Fingern, an denen der Saft kranker Pflanzen haftet, genügt, um die Mehrzahl der gesunden Pflanzen zu infizieren. Der Vorgang ist experimentell mehrfach geprüft worden; bei einem speziell zu diesem Zwecke im großen angestellten Versuche in Holland konnte Koning 80 % Erkrankungen feststellen.

Die Krankheit ist übrigens nicht auf den Tabak beschränkt, denn Woods[1]) teilt schon mit, daß er durch das Abschneiden von Tomaten ähnliche Erscheinungen habe hervorrufen können. Daß bei derselben Pflanzenart die einzelnen Varietäten je nach ihrer Herkunft sich verschieden verhalten, zeigte beispielsweise Hunger[2]). Er hat bei direkten Versuchen mit dem Köpfen der Pflanzen in Buitenzorg von 50 Exemplaren aus amerikanischen Samen sämtliche Geize (Nebentriebe) mosaikkrank gefunden. Von den gleichzeitig angebauten 25 Pflanzen aus deutschem Samen waren 9 erkrankt; dagegen zeigten die 25 Exemplare aus indischem Samen keine Veränderungen an den Geizen. Über die Verbreitung der Krankheit auf die einzelnen Teile des Tabaks, namentlich auf die der Blüte und Frucht, berichtet Allard[3]): Die Krankheit fand sich überall, nur der Embryo war nicht infiziert. Samen von kranken Pflanzen lieferten gesunde.

Iwanowski beschreibt eine spezifische Bakterie, aber bei der Nachuntersuchung fand Hunger, daß der vermeintliche Organismus mit Phenolchlorathydrat aus den Zellen verschwand. Ein parasitärer Organismus bei der typischen Mosaikkrankheit ist nicht bekannt; vielmehr drängt die Mehrzahl der exakten Beobachtungen zu der Ansicht, daß es sich um eine physiologische Erkrankung handle, bei welcher die Übertragung durch eine abwegige Stoffgruppe erfolgt, die im geimpften Organismus fortschreitend in den vorhandenen normalen Stoffgruppen nun

---

[1]) Woods, A. F., Observations on the Mosaik disease of Tobacco. U. S. Dept. of Agriculture. Bull. Nr. 18, Mai 1902.

[2]) a. a. O., S. 287.

[3]) Allard, H. A., Distribution of the Virus of the Mosaic Disease in Capsules, Filaments, Anthers and Pistils of affected Tobacco plants. Journal of agricultural Research. V (1915), Nr. 6.

dieselben krankheitserzeugenden Umlagerungen hervorruft und auf diese Weise die Ausbreitung der Krankheit veranlaßt. Daß eine Prädisposition vorhanden sein muß, beweist der verschiedene Grad der Empfänglichkeit der einzelnen Sorten, von denen die mit fetten Blättern viel widerstandsfähiger als die mit dünnen Blättern sind. Die geschätztesten Delitabake (die mit den zartesten Blättern) leiden am meisten. Der Einfluß der Kultur zeigt sich in dem Umstande, daß jungfräuliche Böden entschieden geringere Prozente an kranken Pflanzen liefern als solche, die schon oftmals zur Tabakkultur benutzt worden sind (siehe Anbauversuche von Hunger)[1]).

Von den Forschern, welche Mikroben als Ursache der Mosaikkrankheit nicht anerkennen, werden nur zwei Meinungen vertreten. Die eine Richtung glaubt, daß die Pflanze ein Gift, ein Virus, produziere, das die Fähigkeit hat, in dem vorhandenen Zellinhalt einer geimpften Pflanze denselben Giftstoff zu erzeugen und damit die Krankheit hervorzurufen. Mit dieser Anschauung trat Beijerinck[2]) zuerst hervor, der 1898 ein „Contagium vivum fluidum" als Ursache ansprach. Ferner sagt Hunger (a. a. O. S. 296): „Das Virus der Mosaikkrankheit betrachte ich als ein Toxin, welches in der Tabakpflanze stets beim Stoffwechsel in den Zellen ausgeschieden wird, aber in normalen Fällen keine Wirkung ausübt, während es sich bei zu stark gesteigertem Stoffwechsel anhäuft und dann Störungen verursacht wie bei der mosaikartigen Buntblättrigkeit." „Ich nehme an, daß das Toxin der Mosaikkrankheit, welches primär durch äußere Reize produziert wird, fähig ist, beim Eindringen in normale Zellen eine physiologische Kontaktwirkung auszuüben mit dem Erfolg, daß sich dort sekundär dasselbe Toxin bildet, mit anderen Worten, das Mosaikkrankheitstoxin besitzt die Eigenschaft, physiologisch autokatalytisch zu wirken." Auf diese Weise kann das Virus selbständig einen Weg durch die Tabakpflanze machen und auf die Bahnen gelangen, die nach den Meristemen führen, um dort seinen Einfluß auf die jungen Bildungen auszuüben. Und zugleich erklärt sich daraus die Vermehrungsfähigkeit des Krankheitsstoffes, „welche nicht auf aktiver Reproduktivität des Virus selbst beruht, sondern bloß aus der passiven reproduktiven Kraft der belebten Zellensubstanz hervorgeht".

Kölpin Ravn[3]) nimmt neuerdings einen ultramikroskopischen Organismus als Erreger der Mosaikkrankheit des Tabaks an, ebenso bei der Blattrollkrankheit der Kartoffel.

Gegenüber der Gifttheorie vertrat Sorauer eine zweite Richtung, indem er an die Untersuchungen von Pantanelli (vgl. auch S. 901) u. a. erinnerte, die eine Verschiebung in den Enzymmengen und -wirkungen nachgewiesen haben. Heintzel[4]) sagt (1899, S. 45): „das Enzym, welches die Mosaikkrankheit verursacht, ist demnach als eine Oxydase anzusprechen." Demgemäß wäre also die Ursache der Mosaikkrankheit in der

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 289.

[2]) Beijerinck, M. W., Over een contagium vivum fluidum als oorzaak van de Vlekziekte der tabaksbladen. Koninkl. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. Nov. 1898. — Über ein Contagium vivum fluidum als Ursache der Fleckenkrankheit der Tabakblätter. Centralbl. f. Bakteriologie 1899, Abt. II, Nr. 2, S. 27.

[3]) Kölpin Ravn, F., Om Mosaik sygen og beslaegtede Plantesyg domme. Nordisk Jord. bruks forskn. 1919.

[4]) Heintzel, Kurt, Kontagiöse Pflanzenkrankheiten ohne Mikroben, mit besonderer Berücksichtigung der Mosaikkrankheit der Tabaksblätter. Inaug.-Dissert. Erlangen 1900

gesunden Pflanze vorhanden und käme nur durch besondere Umstände zu abnormer Wirkung. Genau dieselbe Ansicht spricht Woods[1]) aus, indem er meint, es handle sich nur um gewisse Bedingungen, unter denen die oxydierenden Enzyme wirksam werden: „either become more active or else are produced in abnormally large quantities.“ Genauer auf die Verhältnisse einzugehen, verbietet die noch ungeklärte Sachlage; für die von Sorauer vertretene, im ersten Abschnitt dieses Kapitels ausgesprochene Ansicht kommt es weniger in Betracht, ob eine Vermehrung der Oxydasen tatsächlich stattfindet oder eine Verminderung der die Oxydasen stets begleitenden reduzierenden Stoffe (u. a. Gerbstoff) vorhanden ist, wodurch die gleiche Menge Oxydase eine erhöhte Wirksamkeit erlangt. Tatsächlich hat Hunger nachgewiesen, daß das mosaikkranke Blatt weniger reduzierende Stoffe, auch Gerbstoff, enthält als gesunde Tabakblätter[2]). Entsprechend dem Chlorophyllmangel ist auch geringerer Zuckergehalt im kranken Blatte nachgewiesen worden; außerdem finden sich weniger freie organische Säuren[3]). Es fehlt demgemäß dem mosaikkranken Teile an der Möglichkeit, genügend Reservestoffe zu bilden, und damit gliedert sich die Mosaikkrankheit, die nach Hunger[4]) auch ohne Verwundung, allein schon durch die Berührung mit der Hand übertragbar ist und durch Veredlung sich auch auf die Unterlage fortpflanzt, der Albicatio an.

Peklo[5]) hat umfangreiche Studien über die Inaktivierung der CO_2-Assimilation und die Chlorophyllbildung angestellt. Über die tschechisch geschriebene uns nicht zugängliche Arbeit berichtet Matouschek-Wien[6]):

Als das beste Mittel gegen die Mosaikkrankheit hat sich nach Koning die Kalkzufuhr zum Boden erwiesen. Hunger konstatierte auch einen guten Erfolg bei der Düngung mit Knochenmehl und warnt vor allen Dingen vor übertriebener chemischer Düngung.

Woods sagt (Observations on the Mosaic diseace of Tobacco, Washington 1902, S. 24): Overfeeding with nitrogen favors the development of the disease, and there is some evidence that excess of nitrates in the cells may cause the excessive development of the ferments causing the disease.“

Besondere Berücksichtigung verdient auch die Auswahl des Samens, wie aus den Angaben von Bouygeres und Perreau[7]) hervorgeht. Diese Forscher entnahmen von einzelnen Pflanzen, die mitten in einem verseuchten Felde bis zur Ernte von der Mosaikkrankheit frei blieben, das Saatgut und enthielten 98% gesunde Pflanzen; dieselben waren allerdings wieder ansteckbar von Wunden aus, die mit mosaikkranken Teilen in Verbindung gebracht wurden. Vor allem ist auf den Boden besondere Rück-

---

[1]) Woods, A. F., The destruction of chlorophyll by oxidizing Enzymes. Centralbl. f. Bakt. 1899, Abt. II, V, Nr. 22, S. 745.

[2]) Hunger, F. W. T., Bemerkungen zur Woodschen Theorie über die Mosaikkrankheit des Tabaks. Bull. de l'Inst. Bot. de Buitenzorg 1903, Nr. XVII.

[3]) Hunger, De Mozaik-Ziekte bij Deli-Tabak. Deel I. Mededeelingen uit S'Lands Plantentuin LXIII, Batavia 1902.

[4]) Hunger, On the spreading of the Mosaik-disease (Calico) on a tobaccofield. Bull. de l'Institut Bot. de Buitenzorg 1903, Nr. XVII.

[5]) Peklo, J., Studie o inaktivaci fotosynthetiché assimilace a tvorby chlorofyllu. Rozpravy Ceské akademie Prag 1914. XXIII, S. 1—168, mit 7 Taf. und 54 Abb.

[6]) Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII, S. 168 (1922).

[7]) Bouygeres et Perreau, Contributions è l'étude de la nielle des feuilles du tabac. Compt. rend. 1904, CXXXIX, p. 309.

sicht zu nehmen. In Erde, die schon längere Zeit Tabak getragen hat, erkrankt gesunde Saat sehr leicht[1]).

In neuerer Zeit ist die Mosaikkrankheit des Tabaks noch von Clinton[2]) eingehend behandelt und studiert worden. In den meisten Fällen wird die Krankheit durch den Menschen übertragen. Der an den Händen haftende Saft kranker Pflanzen wird beim Köpfen, Raupensuchen usw. auf die gesunden übertragen, das Ausreißen kranker Pflanzen kann so sogar zur Verbreitung der Krankheit führen. Durch eine Quetschung der Drüsenhaare scheint die Ansteckung erleichtert zu werden, jedenfalls gelingt durch Einreiben des Saftes die Infektion sicherer. Vielleicht kann das Virus durch die Drüsenhaare leichter in den Saftkreislauf eindringen. Meist erfolgt der Ausbruch der Krankheit etwa 10—14 Tage nach der Infektion. Diese selbst wie die Schnelligkeit der Krankheit sind abhängig von der Intensität des Wachstums. Ausgewachsene Pflanzen, die keine neuen Triebe mehr erzeugen, werden überhaupt nicht mosaikkrank. Sobald die Pflanzen im Wachstum stocken, etwa nach einem Verpflanzen, wird auf die Wirkung der Ansteckung verzögert; sie ist eine ausgesprochene Krankheit der wachsenden Gewebe. Ob also die ganze Pflanze oder nur ein Teil mosaikkrank ist, hängt von dem Alter ab, in dem sie sich zur Zeit der Ansteckung befand.

Getrocknete Blätter kranker Pflanzen können noch nach längerer Zeit, wenigstens nach 1 oder 2 Jahren, ansteckend wirken; scheinen aber die Fähigkeit schneller zu verlieren, wenn sie feucht gehalten werden. Vielleicht ist das der Grund dafür, daß die Ansteckungskraft an Blättern, die über Winter auf dem Felde gelegen haben, verlorengeht. Anderseits können alte kranke Stengel und Blätter, wenn sie als Dünger verwendet werden, zwar nicht auf dem Felde, aber im Saatbeete ansteckend wirken. Ebenso kann Tabakaufguß sehr schaden.

Von reinem frischen Saft mosaikkranker Stellen genügt eine ganz kleine Menge, um zahlreiche Pflanzen anzustecken, durch Erhitzen wird die Wirkung aufgehoben; wohl aber passiert das Virus bekanntlich die Bakterienfilter, auch kann es in Alkohol, Äther oder Chloroformlösungen seine Ansteckungskraft behalten. Clinton meint, daß das Virus eine Oxydase ist, da die Blätter der kranken Pflanzen reicher an Qxydasen sind als die gesunden.

Der mit der Mosaikkrankheit oft gleichzeitig auftretende Rost des Tabaks ist nach Clinton wohl auf Sonnenbrand zurückzuführen, da er sich bei heißem trockenen Wetter nach feuchtem trüben einstellt.

Die Krankheit läßt sich von Tabak auf Tomaten und umgekehrt übertragen, ebenso beide auf einige andere *Nicotiana*-Arten, und auch auf einige andere Solanaceen, sehr wenig auf die Kartoffel. Pflanzen anderer Familien sind nicht infizierbar. — Eine Übertragung der Krankheit durch Samen findet in der Regel nicht statt. Einmal erkrankte Pflanzen sind nicht wieder gesund zu machen.

Allard[3]) beschreibt neuerdings eine Mosaikkrankheit von *Nicotiana viscosa* und ihres Bestandes mit dem Tabak, die von der des Tabaks ver-

---

[1]) Behrens, J., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Tabakpflanze. Landwirtsch. Versuchsstat. 1899, S. 214ff. u. 482ff. — [2]) Clinton, G. P., Chlorosis of plants with special reference to calico of tobacco. Rep. Conneat. Agric. Exp. Stat. 1914. — [3]) Allard, H. A., A specific Mosaic Disease in Nicotiana viscosa, distinct from the Mosaic Disease of Tobacco. Journ. of agricultural Research. IX (1916), Nr. 11.

schieden ist. Sie unterscheidet sich dadurch, daß die Tomate immun gegen sie ist; die einzige Solanacee, die beide Krankheiten annimmt, ist *Datura. Nicotiana rustica* konnte nicht infiziert werden. Die Inkubationsperiode ist ziemlich lang.

Die Pockenkrankheit des Tabaks. Wir erwähnten bereits bei der Mosaikkrankheit, daß andere Verfärbungserscheinungen vielfach zu Verwechslungen Veranlassung gegeben haben. Ein Beispiel für letzteren Fall bietet die Pockenkrankheit, auf deren Verschiedenartigkeit von der Mosaikkrankheit Iwanowski und Poloftzoff[1]) aufmerksam machen, die im Auftrage des russischen Ackerbauministeriums die Krankheit drei Jahre hindurch in Beßarabien studiert hatten. Die Krankheit äußert sich nach Hunger[2]) im Auftreten zahlreicher, kleiner, weißer Fleckchen zu Zeiten großer Trockenheit, während in Deli die Mosaikkrankheit gerade nach Eintritt scharfer Regengüsse zu beobachten ist. Die Ursache wird in ähnlichen Umständen wie bei der Mosaikkrankheit gesucht.

Weißer Rost des Tabaks. Weiter ist mit der Mosaikkrankheit eine Erscheinung verwechselt worden, die als Weißer Rost bezeichnet wird. Delacroix[3]) hat darauf aufmerksam gemacht, daß hierbei nicht die jungen, sondern die ausgewachsenen Blätter zuerst erkranken, die Flecke auch zahlreicher, aber kleiner sind und sich scharf abheben; schließlich werden dieselben durch eine Korkschicht abgegrenzt. Die Veranlassung soll ein Mikroorganismus, *Bacillus maculicola*, sein.

E. W. Brandes[4]) berichtet, daß dasselbe Virus die Mosaikkrankheit des Maises, die seit 1919 auf Portorico, in den Staaten Louisiana und Georgia, auf Hawai und der Insel Guam auftrat und durch blasse Streifen und unregelmäßige scheckige Flecken auf den Blättern kenntlich ist, und die Mosaikkrankheit des Zuckerrohres[5]) verursacht. Die Überträger des Virus sind Blattläuse (*Aphis maydis*) und wahrscheinlich auch andere Insekten. Wahrscheinlich ist die Krankheit durch Übertragung am Zuckerrohr entstanden. Einige Sorten des Maises erwiesen sich als resistent. Jagger und Schutz[6]) erwähnen auch, daß Blattläuse auch die Mosaikkrankheit von Salat, chinesischem Kohl, Senf und Turnips übertragen.

Über eine durch vielfache Versuche mit den verschiedenen Organen als ansteckend bewiesene Mosaikkrankheit von *Cephalanthus occidentalis* berichtet Uphof[7]) aus dem südlichen Missouri.

In ihren Ursachen noch nicht genügend bekannt sind noch einige andere anscheinend hierhergehörige Krankheiten, so die Mosaikkrank-

---

[1]) Iwanowski und Poloftzoff, Die Pockenkrankheit der Tabakspflanzen. Mém. de l'Acad. Imp. de St. Petersbourg 7. sér. XXXVII (1890).

[2]) Hunger, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XV (1905), S. 297. Hier auch die betreffende Literatur.

[3]) Delacroix, G., La rouille blanche du tabac et la nielle etc. Compt. rend. CXL (1905), p. 675.

[4]) Brandes, E. W., Die Mosaikkrankheit des Mais. Journ. agric. Res. XIX (1920), S. 517—521, mit 2 Taf. Vgl. Bull. mens. Renseign. agric. 1921, S. 138 und O. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII, S. 167 (1922).

[5]) Vgl. auch Stevensen, J. A., Die Marmorierung (Mottling Disease) des Zuckerrohres auf Portorico. Journ. Dep. Agric. Portorico III (1919), S. 3—76, mit 7 Abb., 3 Taf.; vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI (1921), S. 204f.

[6]) Jagger u. Schultz, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXII, S. 223 (1922).

[7]) Uphof, J. C. Th., Eine neue Krankheit von Cephalanthus occidentalis L. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI (1921) S. 100—108, mit 1 Abb.

heit der Kartoffeln[1]), die besonders von Westerdijk[2]) studiert ist. Bei starker Ausbildung der Krankheit sind die Blätter eigenartig gerunzelt; sie wird deshalb am Rhein und in Westfalen „Gänsehaut“ genannt. Wegen der geringen Ernte der gänsehautkranken Kartoffeln ist sie volkswirtschaftlich wichtig. Die charakteristische Gelbfleckigkeit der Blätter tritt erst ziemlich spät auf. Knollenkranke Pflanzen geben wieder kranke Pflanzen. Früher wurde die Gänsehautkrankheit mit den Erscheinungen der Blattrollkrankheit zusammengeworfen (vgl. S. 534 ff. und unten), sie äußert sich etwa folgendermaßen: Zur Zeit, wo die blattrollkranken Kartoffeln schon im Wachstum zurückbleiben, das Laub eine gelbliche Farbe zeigt, sind die Stöcke, die nachher mosaikkrank werden, noch völlig gesund. Erst Ende Juni oder Anfang Juli werden schneller oder langsamer die Blätter gelb gescheckt. Die spätere Runzelung der zwischen den Flecken liegenden abnorm dunkelgrünen Stellen kommt wahrscheinlich dadurch zustande, daß sie stärker wachsen. Westerdijk hat die Krankheit durch mehrere Jahre verfolgt; sie gibt a. a. O. Zahlen der Erträge und des Verhaltens den nachfolgenden Generationen. Nach Quanjer[3]), der die Blattrollkrankheit und die Mosaikkrankheit als Degenerationskrankheiten (vgl. unten) zusammenfaßt, weil sie nicht in einem bestimmten Organ Sitz und Ursache haben, sondern bei denen die ganze Pflanze gewissermaßen von der Krankheitsursache durchzogen und als Ganzes krank ist, haben beide Krankheiten das miteinander gemeinsame, daß bei bisher gesunden Pflanzen die erfolgte Ansteckung im ersten Vegetationsjahre noch nicht oder erst in sehr schwachem Grade sich bemerkbar macht, sondern erst später, bei der Blattrollkrankheit typisch in der zweiten, bei der Mosaikkrankheit in der dritten Generation zum eigentlichen Krankheitsausbruch führt. Die typische, von Quanjer sekundär genannte Krankheitsform tritt bei fortgesetzter vegetativer Vermehrung in immer heftigerer Weise auf; die primäre Form ist wenig auffällig und wenig schädlich. Den Beweis für die infektiöse Natur beider Krankheiten hält Quanjer dadurch für erbracht, daß auf gesunde Stengel gepfropfte Spitzen von kranken Pflanzen die Krankheit übertragen, indem dann die Krankheitserscheinungen erst an den unmittelbar unter der Pfropfstelle sich entwickelnden, dann auch an den tieferen Achselsprossen auftreten. Weiter haben E. S. Schultz, Folsom[4]) u. a. die Übertragung der Mosaikkrankheit der Kartoffeln studiert, und es wurde die Ansteckung durch Übertragung des Saftes, durch Läuse, Pfropfung usw. zwischen verschiedenen Varietäten herbeigeführt. Ergebnislos verliefen die Versuche, die Krankheit durch Fliegen, Koloradokäfer, Zerschneiden der Knollen mit einem vorher zum Schneiden kranker Knollen benutzten Messer, durch Berührung mit Knolle, Wurzeln und Zweigen zu übertragen. Im Boden, der im Vorjahre kranke Pflanzen trug, erfolgt keine Ansteckung.

---

[1]) Vgl. auch Schultz, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 218.

[2]) Westerdijk, Johanna, Die Mosaikkrankheit der Kartoffelpflanze. Jahresb. Verein. angew. Bot. XIV (1916), S. 145—149.

[3]) Quanjer, H. M., De „Degeneratieziekten van de aardappelplant“. Vakblad voor Biologen II (1921), 12 S.

[4]) Schultz, E. S., Folsom, D., Hildebrandt, F. M., u. Hawkins, L. A., Investigations on the Mosaik Disease of the Irisch Potato. Journ. agric. Research 1919, XVII, S. 247—273 mit 8 Taf. — Schultz, E. S., u. Folsom, Donald, Transmission of the Mosaic Disease of Irish Potatoes. Journ. of agric. Research XIX (1920), S. 315—337 mit 7 Taf.; vgl. auch Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI, S. 33.

Mehrfach in Europa, auch in Deutschland wurde die Mosaikkrankheit der Runkelrüben (vgl. auch S. 898) beobachtet. Nach Lind[1]) ist die Krankheit durch Samen nicht übertragbar, sonst aber sehr ansteckend Bei einem Aussaatversuche waren in der Umgebung einer kranken Pflanze bis $^1/_2$ m alle Samenpflanzen krank; in 3 m Entfernung waren im Juli nur $^1/_{10}$ erkrankt, später war die Ansteckung bis auf 300 m deutlich bemerkbar. Die kranken Rüben ergaben nur die Hälfte der Rübensubstanz und den Samen der gesunden. Lind hält Blattläuse für den Überträger. Nach Crasner[2]) beteiligt sich eine Zikade (*Eutettix tenella*) bei der Übertragung der Kräuselkrankheit der Zuckerrübe, sie kann den Virus der Krankheit nicht bis 58 Tage, also nicht über den Winter halten, wenn sie sich auf nicht anfälligen Pflanzen ernährt. *Erodium cicutarium* wird bald nach dem Winterregen von der Zikade angegangen, und auf diesem Unkraute überwintert nach Crasner wohl die Krankheit, welche im Frühjahr von hier aus auf die Rübe übertragen wird.

Die erst im letzten Jahrzehnt erkannte Mosaikkrankheit der Cucurbitaceen wurde sehr sorgfältig durch Doolittle[3]) studiert. Eine Reihe von Gattungen und fast alle Arten und Varietäten derselben wurde befallen. Die jungen Blätter sind gelb gesprenkelt und kraus, ebenso öfter die Früchte.

Über die in den Vereinigten Staaten verbreitete Mosaikkrankheit der Bohnen berichten neuerdings Reddick und Steward[4]); sie ist der des Tabaks ähnlich, übertragbar, aber auch durch Samen, ähnlich verhält sich die Sojabohne[5]). Die Sorten verhalten sich sehr verschieden.

Eine eigenartige vererbliche Blattfleckenkrankheit studiert Correns[6]) an *Mirabilis jalapa*, die „Sordago“ genannte Erscheinung besteht in hellbraunen Sprenkeln auf den Blattoberseiten, während die übrigen Teile der Pflanzen, die aber kleiner bleiben als die gesunden, normal erscheinen. Die Erkrankung beginnt in den Palisadenzellen und bleibt auch auf diese mit den darüberliegenden Epidermiszellen beschränkt. Beide sterben ab, fallen schließlich zusammen, während andere sich hervorwölben. Die Sordago war weder infektiös noch übertragbar, war auch nicht durch

[1]) Lind, J., Runkelroernes Mosaiksyge. Tidsskr. Planteavl. Kjöbenh. XXII (1915), S. 444—457.

[2]) Crasner, E., The susceptibility of various plants to curly-top of sugar-beet. Phytopathology IX (1919), S. 413—421.

[3]) Doolittle, S. P., The Mosaic Disease of Cucurbits. U. S. Depart. of Agric. Bull. 879 (Nov. 1920). 69 S. mit 10 Taf. Ausführl. Ref. vgl. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI (1921), S. 253ff.

[4]) Reddick, D. u. Steward, V. B., Varieties of Beans susceptible to Mosaik. Phylopath. VIII (1918), S. 529—534. — Dieselben, Additionel Varieties of Beans susceptible to Mosaic. Phylopath. IX (1919), S. 149—152.

[5]) Gardner, M. W. u. Hendrik, J. B., Sojabean mosaik. Journ. Agric. Research XXII (1921), S. 111ff., mit 2 Taf. — Über erblichen Icterus vgl. auch Botan. Abstracts XII, Okt. 1923, S. 936.

[6]) Correns, C., Über eine nach den Mendelschen Gesetzen vererbte Blattkrankheit (Sordago) der *Mirabilis Jalapa*. Jahrb. f. wiss. Botanik LVI (1915), S. 585—616, mit 1 Taf. und 6 Textabb. — Pathologie und Vererbung, Medizin. Klinik XVI (1920), S. 364—369. Vgl. auch Mac Rostie über die Vererbung von Bohnenkrankheiten. — Weiter interessante Versuche vgl. bei Correns, Vererbungsversuche mit buntblätterigen Sippen: III—V. Sitzb. Preuß. Akad. Wiss. 1919, S. 820—857, mit Abb., S. 585—610, mit Abb.; 1920. VI, VII, S. 212ff., mit Abb. — Vgl. weiter Stomps, Theo. J., Über zwei Typen von Weißrandbunt bei *Oenothera biennis* L. Zeitschr. f. ind. Abst. u. Vererb. XXII (1920), S. 261 bis 274.

äußere Einflüsse oder Erreger veranlaßt, wohl aber pflanzte sie sich in den folgenden Generationen nach den Mendelschen Gesetzen fort. Über die Vererbung der „Blattrollkrankheit" der Tomate bei Kreuzungen von stark an der Krankheit leidenden (Alice Roosevelt; bes. Schöne von Lothringen) mit gerippten Früchten und nicht rollenden Sorten (Lucullus, Stirling Castle) berichtet Löbner[1]). In der 2. Generation sind neben Zwischengliedern bereits beide Typen herausgemendelt (vgl. oben S. 898).

Die Blattrollkrankheiten besonders der Kartoffel[2]) (vgl. auch S. 537).

In der vorigen Auflage dieses Werkes (S. 546) wurde der ganze Fragenkomplex der Blattrollerscheinungen unter den durch mangelnde Wärme hervorgerufenen Krankheiten behandelt, da die Grundursache für ihre Entstehung im wesentlichen unbekannt war und auch noch heute ist, mit Ausnahme der Rollungen, die sich besonders an empfindlichen Sorten der Kartoffel und Tomate leicht durch Wärmeentzug hervorrufen und durch Erwärmung wieder beheben lassen. Nach den Arbeiten von Appel, Quanjer, von Brehmer u. a. steht es aber zweifellos fest, daß die durch äußere Faktoren hervorgerufenen Bilder mit der infektiösen Form der Blattrollkrankheit meist in keinem inneren Zusammenhange stehen. Sollte ein parasitischer Erreger nachgewiesen werden, was trotz aller Mühe bisher nicht gelang, so würde die Krankheit nicht in diesem Bande zu suchen sein. W. von Brehmer hält es (brieflich) für möglich, daß ein Erreger vielleicht unter den Protozoen gefunden wird. Solange dies indessen nicht geschehen ist, dürfte es angebracht erscheinen, die Blattrollkrankheit unter den enzymatischen Krankheiten unterzubringen. Wir sind fest überzeugt, daß die Zahl der übertragbaren nichtparasitären Krankheiten sowohl im Tier- als im Pflanzenreich sehr erheblich viel größer ist, als wir heute wissen.

Betreffs der früheren Literatur, in der die verschiedensten Ursachen (auch parasitäre Pilze) angegeben werden, verweisen wir auf den zweiten Band dieses Handbuches. Spätere Anschauungen finden wir bei Frank[3]), der eine Anzahl verschiedener Formen der Krankheit unterscheidet und in Übereinstimmung mit Sorauer ausspricht, daß die ersten Anfänge der Erkrankung eine Beteiligung von Pilzen nicht erkennen lassen. Bei der großen Wichtigkeit der Krankheit und der Verschiedenartigkeit der Anschauungen wird es richtig sein, der Darstellung Sorauers zunächst Raum zu geben und dann die neueren Forschungsergebnisse anzuschließen.

Sorauer beobachtete bei speziell auf die Kräuselkrankheit gerichteten ausgedehnteren Anbauversuchen mit mehreren Sorten, daß die Krankheitserscheinungen anfangs bei einer Sorte (*Early Puritan*) allein aufgetreten waren. Die kranken, vereinzelt zwischen den gesunden stehenden Pflanzen besaßen nur ein Drittel der Höhe der gesunden Exemplare und wiesen die bekannten Merkmale, besonders das Knicken der gekräuselten Blätter, auf. An den Blattstielen fanden sich mehrfach verkorkte kleine Rißstellen.

---

[1]) Löbner, M., Krankheiten der Tomaten. Prakt. Ratgeber im Obst- u. Gartenbau XXXV (1920), S. 4f.; vgl. auch 4. u. 5. Bericht Tätigk. gärtn. Versuchsanst. Landwirtschaftskammer Bonn 1920—1921, S. 16; s. Höstermann, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1923), S. 33.

[2]) Dieses Kapitel wurde freundlichst von den Herren Geh. Rat. Prof. Dr. Appel und Dr. W. von Brehmer durchgesehen und ergänzt (vgl. Text).

[3]) Frank, A. B., Die pilzparasitären Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1896, S. 300. — Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte. Berlin, Paul Parey, 1897. S. 217.

Die ersten Erkrankungsanfänge an den Stengeln fand man an einem der unteren in der Erde befindlichen Internodien, wobei stets eine Schwärzung der Gefäßwandung festzustellen war. Dieses Merkmal läßt sich rückwärts mehr oder weniger tief ausstrahlend in die sonst gesund aussehende Mutterknolle hinein verfolgen. Das zeigt, daß nicht die Knolle dem Triebe das Krankheitsmaterial gebracht hat, sondern umgekehrt. Ebenso strahlt die Gefäßbräunung aus dem erkrankten Stengelknoten in die dort entspringenden Wurzeln aus und ist im ganzen äußerlich noch grün erscheinenden Achsenteil bis zu den Rippen der jüngsten Blätter hinauf zu finden.

Besonders auffällig ist das Saftstrotzende der ganz gesund aussehenden Mutterknolle, welche einzelne Zellen mit großen, unversehrten Stärkekörnern aufweist. Die stärkeführenden Gruppen liegen zerstreut in dem äußert turgeszenten, aber kaum Spuren fester Inhaltsstoffe aufweisenden, große Zellkerne besitzenden, übrigen Parenchym der Knolle.

Bemerkenswert ist ferner, daß, ebenso wie gesunde und kranke Triebe aus einer Mutterknolle entspringen können, auch die Krankheitsmerkmale an demselben Stengel sich manchmal auf bestimmte Regionen beschränken. Man sieht aus kranken Stengeln gesunde Augen sich entwickeln und findet kranke Stengel, bei denen nur eine Hälfte des Gefäßbündelringes geschwärzt ist.

So wie andere mit Gefäßbräunung verbundene Krankheiten, beginnt auch die Kräuselkrankheit die ersten Symptome an der Peripherie zu zeigen. Es schwärzt sich zumeist die Kutikulardecke der Epidermiszellen, deren Inhalt dann schwach tintenartig sich zu verfärben beginnt, bis Wandung und Inhalt gleichmäßig braun geworden sind und nun die Epidermiszelle zusammensinkt.

Dort, wo die Epidermis an das collenchymatische Gewebe grenzt, sieht man die Verfärbung in den Wandungen desselben fortschreiten; diese werden erst schwach gelblich, dann rotgelb (bei einzelnen Sorten eigenartig blutrot) und schließlich braun. Diese Wandfärbungen, welche sich tangential schnell auszudehnen scheinen, erinnern an enzymatische Einflüsse.

Der weitere Verlauf der Krankheit stimmt bei den einzelnen Sorten nicht überein, weil wahrscheinlich die Zellwandungen bald lockerer, bald fester gebaut sind. Bei *Early Puritan* wurde beobachtet, daß die gebräunten Zellwandungen in körnigen Zerfall geraten können, wobei wahrscheinlich stäbchenförmige Bakterien zur Mitwirkung gelangen. In solchen Fällen schwindet das Gewebe; es entstehen Lücken und Einsenkungen im Rindengewebe des Stengels, und nunmehr findet man meist Myzel. Die Einsenkungen vertieften sich bei obengenannter Sorte bisweilen bis auf den Holzring und waren im späteren Stadium der Krankheit auch schon an den noch grünen Stengelspitzen nachweisbar. Von ihnen aus geht aber die Gefäßbräunung nicht; dieselbe beginnt an der Stengelbasis und pflanzt sich nur im Röhrensystem selbst fort. An den Rißstellen bemerkt man manchmal Heilungsvorgänge durch schlauchartiges Vorstrecken benachbarter, gesunder Rindenparenchymzellen.

Wenn oben gesagt worden ist, daß die Krankheitssymptome nicht überall gleich erscheinen, so bezieht sich das z. B. auf das Auftreten brauner Stippflecke an nicht gekräuselten Blättern. Diese Blätter aber besitzen in ihren Blattstielen genau dieselbe schwach tintenfarbige, in einigen Fällen

schleimig-körnig sich verdichtende Ausfüllung der Gefäße, deren Wandung auch gebräunt erscheint.

Die hier geschilderten Merkmale kommen einzeln bei anderen Pflanzen mit Stickstoffüberschuß vor. Hält man nun diese Merkmale zusammen mit den Ergebnissen früherer Beobachtungen, so charakterisiert sich die Kräuselkrankheit folgendermaßen: Die Erkrankung tritt besonders gern und stark an zarten, frühen Sorten auf. Ferner besitzen die geernteten Knollen den Charakter der Jugendentwicklung, indem sie sich durch glattere Schale, schwächeren Stärkegehalt und einen bedeutend höheren Kaligehalt auszeichnen. Hierzu kommt noch eine geringere Größe und ein geringerer Gehalt an Trockensubstanz. Aus derartigen Knollen sind mehrfach unter günstigen Umständen wieder gesunde Pflanzen gezogen worden.

Unter den angegebenen Merkmalen haben wir die lange Dauer der saftstrotzenden, noch Stärke führenden Mutterknollen hervorgehoben, und zwar deshalb, weil schon Hiltner[1]) einen hierher gehörigen Fall von Erhaltung, ja sogar teilweise nachträglicher Vergrößerung der Mutterknolle zur Sprache gebracht hat. Von verschiedenen Seiten sind dieselben Erfahrungen gemacht worden. In dem von Hiltner beschriebenen Falle kam hinzu, daß diese aus prall gebliebenen Mutterknollen entstandenen Stöcke gar keine unterirdischen, an Stolonen hängenden Knollen entwickelt hatten, sondern solche direkt an den unteren Internodien der grünen Stengel trugen[2]). Diese Stengel waren aber um die Hälfte kürzer als bei normalen Pflanzen und trugen zusammengerollte Blätter, die Hiltner an die Kräuselkrankheit erinnerten. Er glaubt, daß diese Vorgänge eine Folge davon sind, daß man unreife Knollen als Saatgut benutzt hat. Diese Saatknollen haben, nachdem sie Stengel entwickelt, das vom Blattkörper erarbeitete Material zunächst dazu benutzt, um selbst noch weiter zu wachsen. Natürlich sei dann zu wenig organische Substanz für die diesjährigen Knollen übriggeblieben.

Wenn wir die Anschauung von Hiltner über das Zustandekommen solcher straffbleibenden Knollen akzeptieren, werden wir darauf hingewiesen, in der Kräuselkrankheit eine Folge ungeeigneten Saatgutes zu sehen. Die Mutterknollen sind im Vorjahr nicht genügend ausgereift. Dieser Umstand muß auch in der Ausbildung der einzelnen Augen zur Geltung kommen. Während die Mehrzahl derselben noch Zeit gefunden, sich normal zu entwickeln, können einige im Jugendzustande zum Stillstand gekommen sein und werden demnach den Jugendcharakter bei dem Austreiben im folgenden Jahre beibehalten. Damit würde sich erklären, daß man manchmal nur einzelne Triebe kräuselkrank findet. Der Charakter der Jugend ist das Vorherrschen des Kalis und der größere Reichtum an Stickstoffverbindungen bei geringem Niederschlagen von Kohlehydraten als Reservestoffe. Derartige Zustände sehen wir begünstigt, wenn frischer Dung bei frühen Sorten zur Anwendung gelangt und Trockenheit dem Knollenwachstum ein vorschnelles Ende bereitet.

Wenn die Kräuselkrankheit der Kartoffeln, ähnlich der Schrumpf-

---

[1]) Hiltner, L., Zur Frage des Abbaues der Kartoffeln. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, 1905, Heft 12.

[2]) Äußerlich zeigte sich also ein ähnliches Bild wie bei der S. 299 beschriebenen Fadenbildung, bei der der Aufstau des plastischen Materials durch die mangelhafte Entwicklung und damit geringe Ableitungsfähigkeit des dünnen Stengels verursacht wird.

krankheit der Maulbeerbäume und in Übereinstimmung mit anderen Fällen, die wir bei den „enzymatischen Krankheiten" erwähnen, auf einem Überwiegen von Stickstoffverbindungen, die nicht normal verarbeitet werden, beruht, dann würden sich auch die gefundenen Symptome der Schwärzung der Gefäße und der schnellen Ansiedlung von Bakterien leicht erklären lassen.

Diese Anschauung erhält eine weitere Stütze durch eine Studie von Appel[1]), der unter dem Namen „Bakterien-Ringkrankheit" Erscheinungen beschreibt, die vielfach an die Kräuselkrankheit erinnern. Er macht für die Ringkrankheit Bakterien verantwortlich, und „zwar ist es, ebenso wie bei der Schwarzbeinigkeit, nicht eine einzelne Art, sondern einige sich verwandtschaftlich nahestehende Formen". „Diese Bakterien sind in manchen Böden zweifellos normalerweise vorhanden . . ." Nach diesen Äußerungen möchte Sorauer die Bakterien-Ringkrankheit auch in den Kreis derjenigen Erscheinungen ziehen, bei denen der Parasit nicht das Ausschlaggebende ist, sondern die Beschaffenheit der Mutterpflanze, die den Bakterien den erst zu ihrer Ausbreitung besonders günstigen Nährboden bereitet. Und solche Zustände werden ähnliche sein können wie die bei der Kräuselkrankheit geschilderten, bei welcher Sorauer ebenfalls einen weiteren Zerfall der Gewebe durch Bakterien beobachtet hatte.

Die Theorie, daß die Blattrollkrankheit durch Pilze verursacht werde, und zwar, daß ein am Nabelende zu findendes *Fusarium* während des Winters durch den Gefäßbündelring in die Augen der Knolle wüchse und im nächsten Jahre ein erhöhtes Auftreten der Krankheit und allmählichen Abbau der Kartoffeln verursache, ist von Reinke und Hallier aufgestellt worden; nur haben die genannten Beobachter andere Pilze dafür verantwortlich gemacht, auch Köch[2]) und Kornauth halten pathogene Fusarien für die Ursache. Sorauer[3]) weist nun nach, daß das *Fusarium* zwar mehrfach zu finden sei, daß aber ebenso oft auch andere Schimmelpilze vorkämen, sämtliche Pilze aber niemals im Gefäßbündelringe der Knolle bis in die Augen weiterwachsend beobachtet werden konnten. Von einer Pilzkrankheit und deren Übertragung durch die Knollen in das nächste Jahr hinein sei nicht die Rede. Die Verfärbungserscheinungen in der Knolle seien vielmehr durch Steigerung von Enzymen zu erklären, welche Grüss am Nabelende besonders angehäuft nachgewiesen habe. Infolgedessen sei relativ großer Zuckerreichtum vorhanden, der für zahlreiche Mikroorganismen einen besonders günstigen Nährboden schaffe.

Die Literatur und die verschiedenartigen Anschauungen über die Ursachen der Blattrollkrankheit sind zu einem unübersichtlichen Chaos geworden; die Literatur bis 1911 ist ausführlich von Appel und Schlumberger[4]) zusammengestellt.

[1]) Appel, O., Die Bakterien-Ringkrankheit der Kartoffel. Flugblatt 36 d. Kais. Biol. Anst. Dahlem. 1906.

[2]) Köch, G. und Kornauth, K., Unter Mitwirkung von Brož, O., Studien über die Blattrollkrankheit der Kartoffel. Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österr., 1914, Heft 5. Vgl. auch ebendort 1912 und 1913.

[3]) Sorauer, Internationaler phytopathol. Dienst, Stück II, 1908.

[4]) Appel, O. und Schlumberger, O., Die Blattrollkrankheiten und unsere Kartoffelernten. Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft. Heft 190 (1911). — Krause, F., Die Kräuselkrankheiten der Kartoffel. Erfurter Führer in Obst- u. Gartenbau XX (1919), S. 178f., 187f. mit 4 Abb. Ref. von Laubert, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXX (19120), S. 107f. — Blanchard u. Pervet, Comptes rend. Acad. Agric. France III (1917), S. 894f. — Jordi, E., Die Blattrollkrankheit der Kartoffel. Jahresber. landw. Schule Rütti 1916/18.

Die Mehrzahl der neuen Beobachter und Forscher neigen zu der Anschauung, daß die Ursachen nicht im primären Auftreten von Parasiten zu suchen seien[1]); von den Genannten sucht Hedlund die Ursache in einer Stickstoffarmut des Bodens, was aber für bestimmte beobachtete Fälle sicher nicht zutrifft. Auch Schander[2]) ist der Meinung, daß die Blattrollkrankheit eine Folge von Funktionsstörungen ist. Botjes hat die Übertragbarkeit der Rollkrankheit nachgewiesen (v. Brehmer), die Verhältnisse dürften also ähnlich wie bei der Calicokrankheit des Tabaks liegen (vgl. S. 904ff).

Schon Sorauer spricht in der dritten Auflage dieses Handbuches schließlich (S. 399) die Ansicht aus, daß unter dem Namen der Blattrollkrankheit wohl verschiedene Krankheiten zusammengefaßt würden, und Appel, der in den letzten Jahren wohl die größten Erfahrungen über Kartoffelkrankheiten gesammelt hat, spricht sich sehr entschieden in dieser Richtung aus. Es müssen die parasitären Krankheiten, die im zweiten Bande dieses Handbuches behandelt werden, von den durch Boden- und Witterungseinflüsse hervorgerufenen bzw. den enzymatischen getrennt werden. Appel und Schlumberger[3]) unterscheiden unter dem gemeinsamen Namen „Staudenkrankheit" mehrere Formen verschiedener Ursache:

1. die echte Kräuselkrankheit. Die Triebe, Blattstiele und Mittelrippe der Fiederblättchen sind verkürzt, letztere häufig zurückgebogen, die Blattspreiten sind wellig-kraus, so daß die ganzen Pflanzen in ihrer Tracht an Krauskohl erinnern. Die Pflanzen sind von normaler, manchmal etwas dunkelgrüner Farbe. Der Ertrag ist meist geringer als an gesunden Pflanzen. Ursache nicht genügend bekannt;
2. die Bakterienringkrankheit. Triebe meist verkürzt, oft von glasigem Aussehen. Die Blätter bekommen besonders an den Rippen häufig schwarze Flecken und sterben etwa im Juli ab. Bei starkem Befall bilden sich meist keine oder kleine Knollen, sonst haben die Knollen dunkle Gefäßbündel, in denen sich wie in den Gefäßen der Stengel Bakterien finden;
3. die Blattrollkrankheit. Die Pflanzen zeigen zunächst meist normale Tracht, nur die Blättchen rollen sich um die Mittelrippe nach aufwärts zusammen (werden nicht kraus); später bildet sich der ganze Trieb meist mangelhaft aus, wird gelbgrün bis rotgrün, und die Blätter und Blättchen werden kleiner. Es zeigt sich ein geringerer Ansatz von Knollen, die kleiner bis klein bleiben und weniger stärkereich sind. Ausdauernde Mutterknolle bis zur Ernte und sogar mitunter Zunahme der Größe. Myzel ist nicht vorhanden. Gefäßbündel auch in den Knollen sind unverfärbt.

Das ehemalige Forschungsinstitut für Kartoffelbau an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem

---

[1]) Vgl. u. a. Lang, W., Beobachtungen über das Auftreten der Blattrollkrankheiten der Kartoffel in Württemberg. Wochenbl. f. Landwirtsch. 1909, Nr. 23. — Hedlund, T., Om de vanligaste sjudkomarne på potatis. Tidskr. f. Liandtmän LV (1913). — Orton, W., Potato wilt leaf-roll and related diseases. Bull. U. S. Dep. of Agric. Nr. 69 (1914) m. 16 Taf.

[2]) Schander, Kann man die Phloemnekrose als Ursache oder Symptom der Blattrollkrankheit ansehen. Mitt. Abt. Pflanzenkrankh. Kais.-Wilh.-Inst. Landwirtsch. Bromberg VI (1914), Heft 2. Vgl. auch Jahresb. Angew. Botanik 1911.

[3]) Appel, O. und Schlumberger, O., a. a. O. (1911), s. S. 916, Fußnote 4.



Abb. 258. Blattrollkranke Kartoffel. (Nach Appel.) (*1*, *2* Magnum Bonum), *1* stark erkrankt (Anfang Juni), *2* gesundes Blatt; (*3*, *4* Vater Rhein), *3* oberer Teil einer später erkrankten (Ende August), *4* unterer Teil derselben, *a* Mutterknolle.

veröffentlicht neuerdings ein Flugblatt, dessen wichtigste Teile folgendermaßen lauten:

Richtlinien für die Beurteilung des Gesundheitszustandes anzuerkennender Kartoffelfelder[1]).

Im allgemeinen werden bei der Anerkennung zwei Besichtigungen vorgenommen, die erste möglichst zur Zeit der Blüte, die zweite kurz vor der Ernte.

Die Beurteilung der Krankheitserscheinungen in den folgenden Richtlinien entspricht im wesentlichen den Vorschlägen der zu diesem Zweck eingesetzten Kommission der Vereinigung für angewandte Botanik, die neuerdings in einzelnen Punkten etwas abgeändert worden sind.

A. Die erste Besichtigung.

Die erste Besichtigung wird meist in der ersten Julihälfte während der Blüte stattfinden. Zu dieser Zeit ist eine große Zahl für die Anerkennung wichtiger Krankheiten bereits deutlich zu erkennen, von anderen sind günstigenfalls die ersten Anfänge vorhanden, wodurch eine gewisse Unsicherheit bedingt wird, für die aber die zweite Besichtigung einen gewissen Ausgleich gibt. Am besten empfiehlt sich treppenförmiges Durchqueren des Feldes, indem von 10 zu 10 Meter von einer Reihe auf die andere übergegangen wird.

Das Augenmerk ist zu richten auf den Aufgang, die Ausgeglichenheit des Standes, Sortenreinheit und etwaige Staudenkrankheiten.

Mangelhafter Aufgang kann seinen Grund in Beschädigungen durch Tiere, aber auch in Krankheiten der Knollen, z. T. sehr bedenklicher Art haben. Zeigt daher ein Feld eine größere Anzahl Fehlstellen, so ist durch Nachgraben nach Möglichkeit festzustellen, woher diese stammen (man vgl. den Schlüssel unter „Fehlstellen“). Die Prozentzahl der Fehlstellen ist festzustellen. Fehlstellen in einem sonst ausgeglichenen Bestande sind nicht zu beanstanden.

Die Ausgeglichenheit des Standes ist eines der wichtigsten Merkmale der Gesundheit. Bei gesundem Pflanzmaterial ist sie gegen Mitte Juli meist erreicht, sofern die Witterungslage nicht besonders ungünstig war. Auf Ungleichheiten des Bodens und der Vorfrucht muß bei der Begutachtung gebührend Rücksicht genommen werden. Ist der Bestand nicht ausgeglichen, ist eine größere Zahl schwacher oder abnorm entwickelter Büsche da, so ist größte Vorsicht erforderlich, da dieselben sowohl durch verhältnismäßig harmlose, als auch durch sehr bedenkliche Krankheiten erzeugt sein können, die im Nachbau der kranken Stauden mehr oder

[1]) Das Flugblatt ist im wesentlichen ein Abdruck der „Richtlinien für die Beurteilung des Gesundheitszustandes anzuerkennender Kartoffelfelder“ und des „Schlüssels für die Erkennung und Beurteilung der wichtigsten Kartoffelkrankheiten bei der Anerkennung“ mit geringen Änderungen und Ergänzungen, im Einverständnis mit dem Verfasser, Herrn Prof. Dr. Spieckermann-Münster (Verlag der Landwirtschaftskammer für Westfalen). Weitere Literatur: Schander, Kartoffelkrankheiten. (Kartoffelbaugesellschaft e. V., Berlin, Bernburger Straße 15/16); Heft 17 der Veröffentlichungen der Landwirtschaftskammer für Westfalen. — Appel, Die Pflanzkartoffel. Landwirtschaftliche Hefte Nr. 35. Berlin, Paul Parey, 1920. 2. Auflage. — Fruwirth, Die Saatenanerkennung. Berlin 1918. Berlin, Paul Parey. — Mitscherlich und Lemke, Beobachtungen bei der Feldbesichtigung anzuerkennender Saaten. Arbeiten der Landwirtschaftskammer für die Provinz Ostpreußen. Königsberg 1918. — Vogt, Ratgeber für und bei Saatenanerkennungen. Stettin 1918.

minder stark wieder auftreten. Im allgemeinen dürfen nicht mehr als insgesamt 5% Pflanzen mit „Staudenkrankheiten“ (man vgl. den Schlüssel) vorhanden sein. Handelt es sich um harmlosere Erscheinungen, so kann der Prozentsatz bei sonst gutem Bestande etwas heraufgesetzt werden. Waren außerdem Fehlstellen vorhanden, so dürfen diese insgesamt 5% nicht übersteigen. Bei der Mosaikkrankheit mancher Sorten, die durch züchterische Maßnahmen des Anbauers nicht beseitigt werden kann und bei manchen Sorten schon am Originalpflanzgut haftet, kann bei sonst gutem Stand des Feldes ein wesentlich höherer Prozentsatz kranker Stauden zugelassen werden.

Es steht im Ermessen der Kommission, unter besonderen Umständen auch beim geringeren Prozentsatz an Krankheiten als den oben angeführten, die Anerkennung zu versagen.

Tritt Krautfäule oder Dürrfleckenkrankheit in steigendem Maße auf, so ist ein entsprechender Vermerk im Anerkennungsbuch zu machen.

Als höchste zulässige Grenze werden bei Staudenkrankheiten im allgemeinen 5%, bei Schwarzbeinigkeit und Rhizoctoniakrankheit 10% angesehen.

In zweifelhaften Fällen ist eine mikroskopische Untersuchung rätlich, die von der zuständigen Pflanzenschutzstelle der Landwirtschaftskammern ausgeführt werden kann.

B. Die zweite Besichtigung.

Die zweite Besichtigung wird kurz vor der Ernte vorgenommen. Krankheitserscheinungen am Kraut sind zu dieser Zeit bei den meisten Sorten im einzelnen mit Sicherheit nicht mehr festzustellen. Doch gibt der allgemeine Stand der Felder oft noch wertvolle Aufschlüsse. Stauden, die an Blattroll-, Welkekrankheit, Bakterienringfäule und Kümmerkrankheiten (Kräusel-, Bukett-, Barbarossakrankheit) gelitten haben, sind meist schon abgestorben und fallen dadurch auf, sofern nicht Phytophthora-Befall alle Unterschiede verwischt hat. Von größter Bedeutung ist bei dieser Besichtigung Ansatz und Ausbildung der Knollen der einzelnen Büsche, sowie etwaige Krankheitserscheinungen an ihnen. Bei gesunden Feldern und lebenskräftigen Pflanzen sind Ansatz und Ausbildung der Knollen verhältnismäßig gleichmäßig. Sind Staudenkrankheiten vorhanden gewesen, so wechseln Büsche mit starkem Ansatz und gleichmäßig ausgebildeten Knollen mit solchen, an denen kleine, oder wenige, oder zahlreiche kleine, oder eine einzelne große Knolle sitzen. Man lasse daher stets an drei Stellen je zwanzig im Verbande liegende Büsche aufwerfen, besonders wenn bei der ersten Besichtigung der Stand ungleichmäßig und Staudenkrankheiten vorhanden waren. Sind die Staudenerträge sehr ungleichmäßig, so muß Aberkennung erfolgen, zumal wenn schon bei der ersten Besichtigung verdächtige Erscheinungen bemerkt worden waren. Ferner sind die Knollen auf äußere und möglichst auch auf innere Abnormitäten zu untersuchen (man vgl. den Schlüssel für die zweite Besichtigung). Unerläßlich ist die innere Untersuchung, wenn die erste Besichtigung Verdacht auf Bakterienringfäule und Welkekrankheit ergeben hat. Die Aberkennung ist auszusprechen, wenn äußerlich Spuren von echtem Krebs, sehr starke Grade von Phytophthora, Naßfäule, Durchwachsungen oder innerlich bei insgesamt mehr als 3% der Knollen Bakterienringfäule, Welkekrankheit und Hohlräume festgestellt werden.

Schlüssel für die Erkennung und Beurteilung der wichtigsten Kartoffelkrankheiten bei der Anerkennung.

Der folgende kurze Schlüssel ist für den praktischen Gebrauch bei der Anerkennung bestimmt und gibt nur eine gedrängte Übersicht über die wichtigsten und häufigsten Krankheiten und Abnormitäten der Kartoffelpflanze, wie sie zur Zeit der beiden Anerkennungsbesichtigungen hervortreten.

Dieser Schlüssel ist ebenso wenig wie ausführlichere Beschreibungen und schwarze Abbildungen imstande, den mit der Anerkennung Betrauten die nötige Sicherheit in der richtigen Erkennung und Beurteilung kranker und abnormer Kartoffelpflanzen zu geben. Diese ist nur am lebenden und konservierten Material zu erlangen, das von der Biologischen Reichsanstalt in Dahlem (bzw. vom Forschungsinstitut für Kartoffelbau, Berlin-Steglitz) auf Wunsch während der Sommerzeit vorgeführt wird.

A. Krankheitsmerkmale und Abnormitäten an Mutterknollen, und Pflanzen bei der ersten Besichtigung.

1. Fehlstellen im Bestande.

Merkmale	Ursache	Beurteilung
a) Knolle verfault. Zuweilen kleine oberirdische Triebe mit faulem Fuß vorhanden.	Schwarzbeinigkeit, durch Bakterien veranlaßt.	Weniger bedenklich.
b) Knolle erhalten. Ring faul.	Bakterienringfäule.	Bedenklich.
c) Knolle ausgetrieben. Triebe an den Spitzen schwarz und tot.	Rhizoctoniafäule.	Weniger bedenklich.
d) Knolle ausgetrieben. Triebe sehr dünn, fadenförmig.	Mangelhafte Triebkraft, Gründe unbekannt.	Sehr bedenklich.
e) Knolle gesund. Triebe abgefressen.	Mäuse, Insekten.	Harmlos.

2. Blattkrankheiten.

Merkmale	Ursache	Beurteilung
a) Feuchte, schwarze unregelmäßige Flecken, meist nur bei frühen und mittelfrühen Sorten.	Krautfäule Phytophthora infestans.	Die Bewertung hängt von der Stärke des Auftretens an den Knollen ab (2. Besichtigung).
b) Trockene, braune rundliche Flecken mit Zonenbildung.	Dürrfleckenkrankheit (Alternaria solani).	Unbedenklich.

3. Staudenkrankheiten.

Merkmale	Ursache	Verhalten des Nachbaues
A. Kümmerformen.		
a) Blätter von normaler Form und Farbe, aber klein bleibend.	Zwergwuchs (Ursache unbekannt).	Meist ganz krank.
b) Pflanzen von starrem Wuchs. Blätter völlig nach oben gerollt, oft gelb oder rötlich verfärbt, zuweilen bald absterbend.	Blattrollkrankheit (Ursache unbekannt).	Ganz krank.
c) Blätter schwach gerollt, gelblich verfärbt. Triebe nacheinander bald absterbend.	Bakterienringfäule (Bact. sepedonicum).	Zum Teil krank.

Merkmale	Ursache	Verhalten des Nachbaues
d) Blätter nach unten faltig zusammengerollt, gekräuselt.	Kräuselkrankheit (Ursache unbekannt).	Vermutlich ganz krank.
e) Blätter klein, gelblich. Am unterirdischen Teil des Stengels braune, eingesunkene Stellen.	Rhizoctoniakrankheit (Rhizoctonia solani).	Ertrag unausgeglichen. Knollen oft mißgestaltet.
f) Blätter stark gerollt, vergilbend. Triebe rasch nacheinander absterbend. Stengelgrund faul, meist schwarz.	Schwarzbeinigkeit (Bakterien).	Soweit überhaupt Knollen vorhanden, bei richtiger Behandlung gesund.
g) Kümmerlicher Wuchs. Frühzeitiges Absterben des Krautes. An der Wurzel kleine Knötchen.	Nematodenkrankheit (Heterodera radicicola).	Gefährlich, da übertragbar. Aberkennung!
h) Triebe etwas gestaucht, fast gleich lang, so daß bei der Blüte der Eindruck eines Buketts entsteht.	Bukettkrankheit (Ursache unbekannt).	Vermutlich ganz krank.
B. Stauden im allgemeinen kräftig entwickelt.		
a) Oberer Stengelteil gestaucht, Blätter rosettenartig. Am unterirdischen Stengelteil braune, eingesunkene Stellen und mehr oder weniger weitgehende Vermorschung. Am Stengel dicht über dem Boden zuweilen weißgrauer häutiger Überzug.	Rhizoctoniakrankheit[1])	Zum Teil krank.
b) Blätter einzelner Triebe oder der ganzen Pflanze schwach gerollt, in verschiedenem Grade vergilbend und vertrocknend.	Bakterienringfäule[1]).	Zum Teil krank.
c) Einzelne Triebe mit schwächer entwickelten Blättern, bei manchen Sorten etwas rollend, bei warmem Wetter welk herabhängend. Gefäßbündelstränge meist braun verfärbt.	Welkekrankheit[1]). (Verticillium alboatrum).	Zum Teil krank. Bei frühen Sorten meist gesund.
d) Stauden meist etwas kleiner als gesunde. Blätter hellgrün bis gelb marmoriert, meist unregelmäßig wellig, Rand etwas nach oben gebogen.	Mosaikkrankheit[1]). (Infektionskrankheit, Ursache unbekannt).	Ganz krank.

Beim Auftreten mehrerer Krankheiten dürfen insgesamt nicht mehr als 10 %, von den schwerer zu bewertenden nicht mehr als 5 % vorhanden sein.

B. Krankheitsmerkmale und Abnormitäten an den Knollen bei der zweiten Besichtigung.

1. Äußerlich sichtbar.

Merkmale	Ursache	Beurteilung
a) Blumenkohlartige Auswüchse an den Augen.	α) Echter Chrysophlyctiskrebs, β) Pseudokrebs[2]).	α) Auch bei Spuren unbedingte Aberkennung. β) Harmlos.

[1]) Geringere Grade der Bakterienringfäule, Rhizoctoniakrankheit, Welkekrankheit und Mosaikkrankheit sind zur Zeit der ersten Besichtigung meist mit Sicherheit noch nicht zu erkennen. — [2]) Echter und Pseudokrebs sind sicher oft nur durch mikroskopische Untersuchung zu unterscheiden. Bei echtem Krebs besteht Meldepflicht.

Merkmale	Ursache	Beurteilung
b) Pusteln unter der Schale, später aufplatzend, mit dunkelbraunem Pulver erfüllt.	Spongospora-Schorf.	Gefährlich, da ansteckend, Aberkennung!
c) Mehr oder weniger runde, flache Einsenkungen auf der Knollenoberfläche, verbunden mit Korkwucherungen.	Gewöhnlicher Schorf (Actinomyces-Schorf) Flach-, Tief-, Buckelschorf.	Harmlos, sofern nicht eine Schädigung der Keimfähigkeit zu befürchten ist.
d) Auf der Knollenoberfläche flache Vertiefungen von unregelmäßiger Form, mit zundriger Masse ausgefüllt.	Milbenkrätze, Älchenkrätze.	Bei stärkerem Befall Aberkennung.
e) Schwarze Pocken auf der Schale.	Rhizoctoniapocken.	Bei starkem Auftreten bedenklich.
f) Violette eingefallene Flecken in der Schale.	Phytophthorafäule.	Nur bei **sehr** starken Graden Aberkennung[1]).
g) Weißliche, silberglänzende Stellen in der Schale.	Silberflecken (Phellomyces sclerotiophorus).	Harmlos.
h) Naßfäule.	Bakterienfäule verschiedener Art.	Nur bei **sehr** starken Graden Aberkennung.
i) Durchwachsungen verschiedener Art.	—	Bei allgemeiner Kindelbildung und bei Durchwachsungen im eigentlichen Sinne in stärkerem Grade Aberkennung.
2. Beim Durchschneiden sichtbar.		
a) Gefäßring erweicht, unverfärbt oder schwach gelb verfärbt, manchmal auch tief gebräunt und morsch.	Bakterienringfäule	Bei mehr als 3% der Knollen Aberkennung.
b) Gefäßring unter dem Nabel tief gebräunt, aber nicht faul.	Ev. Welkekrankheit.	Bei mehr als 3% der Knollen Aberkennung[2]).
c) Braune Flecken im Gefäßring, im Fleisch. Zuweilen braune, an die Schale stoßende Ringe.	Eisenfleckigkeit bzw. Pfropfenkrankheit (Kringerigheid).	Harmlos.
d) Hohlräume.	—	Bei mehr als 3% der Knollen Aberkennung.
e) Rote und blaue Flecken im Gefäßring und Fleisch, vorwiegend bei roten und blauen Sorten.	Anhäufung der Schalenfarbstoffe.	Harmlos.

Die Kräusel- und die Blattrollkrankheit (vgl. S. 917) sind die für uns in Betracht kommenden Erkrankungen. Die umfangreichsten Untersuchungen über das chemische Verhalten der rollkranken Kartoffeln lieferte

[1]) In manchen Jahren ist phytophthorafreies Pflanzgut überhaupt kaum zu beschaffen.

[2]) Es kommen auch Bräunungen harmloser Art vor. Verdächtig sind solche insbesondere auf Feldern, auf denen bei der ersten Besichtigung Welkekrankheit festgestellt wurde. Sicheren Aufschluß gibt die mikroskopische Untersuchung.

Doby[1]), und später beschäftigte sich Esmarch[2]) mit dem Stoffwechsel blattrollkranker Kartoffeln. Beide untersuchten die Ableitung der Kohlehydrate aus den Blättern und Stengeln in die Knollen. Letzterer fand aber, daß die Entstärkung gesunder Blätter je nach dem Alter 19 bis 68 Stunden beansprucht, während kranke Blätter überhaupt nicht oder nur in ganz geringem Umfange entstärkt werden („Stärkeschoppung"). Nach 6—8-, stellenweise sogar noch nach 12tägiger Verdunklung waren die Zellen noch ganz mit Stärke gefüllt. Diese Hemmung in der Ableitung zeigt sich gelegentlich auch bei ganz gesund aussehenden Pflanzen, aber nach Verlauf einiger Tage (bis zu 12) zeigten sich auch da die Symptome der Blattrollkrankheit. Das Rollen ist also eine Folge gestörter Stoffwechselvorgänge. Die Frage, wodurch diese Störung bedingt wird, läßt der Verfasser offen, doch vermutet er, daß mangelnde Diastase dafür verantwortlich zu machen sei.

Hiltners[3]) neue Versuche ergaben, daß die „Stärkeschoppung" in den Blättern mit der Rollung zusammenhängt, und zwar ist diese Krankheit auf die Art der Düngung zurückzuführen. Die einseitig mit Stickstoff und Kali gedüngten Pflanzen zeigten Rollung und Stärkeschoppung, während die Beimischung von Thomasmehl die Rollung verhinderte. Die Ursachen der Blattrollkrankheit sind also auch hier in einer Störung der Stärkewanderung zu suchen. In reines Wasser gestellte rollkranke Zweige zeigten keine Stärkeabwanderung, wohl aber solche in einer 1 %igen Chlorkaliumlösung.

Die Versuche wurden mit der aus Holland stammenden Sorte „Modell" angestellt. An den drei bayrischen Anbaustellen erwies sich diese Sorte als rollkrank. Der Nachbau der an diesen drei Stellen gezogenen Kartoffeln, der auf anderen Böden vorgenommen wurde, zeigte bei den drei Herkünften verschiedenes Aussehen insofern, als der Prozentsatz der gesunden und kranken Pflanzen Unterschiede aufwies, aus denen sich ergibt, daß rollkranke Sorten durch Anbau in zusagendem Boden gesunden (Kartoffelsanatorium). Keimversuche ergaben geringere Keimfähigkeit kranker Knollen, und vor allem zeigten sie das schon von Hiltner 1905 konstatierte eigenartige Resultat, daß die kranken Mutterknollen während des Wachstums der Tochterpflanze an Größe und Gewicht zunahmen, und zwar in immer stärkerem Grade, je kränker die Mutterpflanze war. Keimversuche in Erde und Ziegelgrus zur Feststellung der Triebkraft zeigten das Ergebnis, daß sich ein Teil der Knollen in Ziegelgrus genau umgekehrt verhielten als in Erde: Die kranken Knollen, die in Erde am schlechtesten trieben, bildeten in Ziegelgrus am schnellsten Triebe. Die Bestimmung der Triebkraft kranker und gesunder Knollen läßt auf recht komplizierte Verhältnisse

[1]) Doby, G., Biochemische Untersuchungen über die Blattrollkrankheit der Kartoffel. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXI (1911), S. 32ff. XXII (1912), S. 204ff., und mit Bodnár, J., Die Amylase blattrollkranker Kartoffeln, XXV (1915), S. 4ff. — Vgl. auch Doby, Biochem. Zeit. LXIV (1914), S. 111—124, und Artschwager, E. F., Histological Studies on Potato Leafroll. Journ. of agric. Res. XV (1918), S. 559—570 mit 2 Abb. Ref. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XXXI (1921), S. 34.

[2]) Esmarch, F., Zur Kenntnis des Stoffwechsels in blattrollkranken Kartoffeln. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXIX (1919), S. 1—20. Ref. in Angew. Bot. I (1919).

[3]) Hiltner, L., Versuche über die Ursache der Blattrollkrankheit der Kartoffel. Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz XVII (1919). Ref. in Angew. Bot. I (1919) und Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXI (1921), S. 33.; vgl. bereits Hiltner und Gentner (Prakt. Blätter 1918, Nr. 11, 12).

schließen, doch glaubt Hiltner auf Grund der in mehreren Jahren angestellten Versuche und Beobachtungen das Ziel erreicht zu haben, nämlich für die Kartoffeln eine ähnliche Saatgutprüfung vornehmen zu können, wie sie für die Samen anderer Kulturpflanzen üblich ist.

Neger[1]) stellt wie Esmarch fest, daß die Stärkeableitung bei blattrollkranken Kartoffeln gehemmt ist; doch gelang es ihm, diese „Schoppung" in gewissen Fällen (S. 535) aufzuheben. Wurden nämlich blattrollkranke Pflanzen in besonders günstige Lebensbedingungen gebracht (trockene, reine, warme Luft, gute Wasserversorgung, gute Belichtung usw.), dann setzte die Stärkeableitung wieder ein, doch nur dann, wenn die erkrankten Blätter noch rein grün waren, nicht wenn sie schon angefangen hatten, sich zu verfärben. Durch Messung wurde festgestellt, daß der Wassergehalt kranker Blätter geringer ist als der gesunder, und es erklärt sich das Rollen vielleicht zwanglos durch die beginnende Vertrocknung. Für die Ableitung der Kohlehydrate sind gewisse Voraussetzungen zu erfüllen, nämlich nicht zu niedere Temperatur, Zutritt von Sauerstoff und Anwesenheit von Diastasen. Eingehende Versuche zeigten, daß die Ableitung der Stärke bei verschiedenen Temperaturen verschieden schnell vor sich geht; dabei waren bedeutende Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten und Individuen festzustellen. Eine Pflanze wird demnach um so weniger der Blattrollkrankheit ausgesetzt sein, als sie auch bei niederer Temperatur Stärke abzuleiten vermag. Weitere Versuche ergaben, daß die Stärkeumwandlung um so energischer vor sich geht, je größer der Luftzutritt, je intensiver demnach die Atmung sich vollzieht, und zwar gilt das nicht nur für die Blätter, sondern auch für die Knollen, daher die Kartoffel auch leichte lockere Böden bevorzugt. Untersuchungen der Stomata gesunder und kranker Blätter zeigten, daß die Schließzellen kranker Blätter wegen des hohen Stärkegehaltes nur wenig geöffnet waren, im Gegensatz zu gesunden, und daß demzufolge die O-Zufuhr keine so gute war, wie sie für die Umwandlung der Stärke nötig wäre. Der wichtigste Faktor für die Entstärkung ist die Diastase, und da fand Neger das ganz überraschende Resultat, daß der Diastasegehalt der kranken Blätter wesentlich höher war als bei gesunden Blättern. Da nun weiter kranke Blätter einen höheren Gehalt an Zucker haben als gesunde, bleibt zur Erklärung der Krankheit nur eins übrig, nämlich sie in einer Störung der Ableitungsvorgänge zu suchen.

Wollenweber hat bei Versuchen gefunden, daß er ein Blattrollen hervorrufen konnte, wenn er mit Kartoffeln bestelltes Land überfluten und dadurch verschlämmen ließ. Die von diesen Kulturen gewonnenen Knollen lieferten wieder rollende Pflanzen. Wenn er dagegen den verschlämmten rollkranke Pflanzen tragenden Boden genügend umarbeitete und lockerte, lieferte der Rest des bei der ersten Bestellung übriggebliebenen Saatgutes keine rollkranken Pflanzen; eine Infektion durch den Boden fand also nicht statt. Die Versuche wurden mit auserlesener („Elite-") Saat der Görsdorfer Nieren-Kartoffel ausgeführt (Wollenweber mündl.).

---

[1]) Neger, F. W., Die Blattrollkrankheit der Kartoffel. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XXIX (1919), S. 27—48. Ref. in Angew. Bot. I (1919). — Ders., Gesichtspunkte für die Bekämpfung der Blattrollkrankheit der Kartoffel. Landw. Brennerei-Ztg. Prag 1920, S. 71—74 (betr. Wichtigkeit der immunen Sorten).

Jordi[1]) stellte sich die Aufgabe, die Frage zu beantworten: Ist es möglich, das als Blattrollen bezeichnete Krankheitsbild bei der Kartoffelpflanze künstlich zu erzeugen? Welche Ursachen rufen das Blattrollen hervor? In einer ersten Versuchsreihe, bei der „Böhms Erfolg", „Bauernglück" und „Woltmann" verwandt wurden, wurde die Durchlüftung des Bodens willkürlich modifiziert. (Die Pflanzen wuchsen in Töpfen.) Positive Resultate waren nicht zu verzeichnen. Vielleicht hat ungünstige Durchlüftung einen fördernden Einfluß auf das Rollen. In einer zweiten Serie wurde der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens variiert: Diesmal trat ein Erfolg deutlich zutage. Es fanden sich nämlich

in normal feuchter Erde	55 %	rollende Pflanzen,
	45 %	gesunde „
in mit Wasser gesättigter Erde	25 %	rollende „
	75 %	gesunde „
in trockener Erde	5 %	rollende „
	95 %	gesunde „

Da die in trockener Erde ausgepflanzten Kartoffeln den Witterungseinflüssen weniger ausgesetzt waren als die anderen Pflanzen, wäre eine günstige Einwirkung auch dadurch zum Teil zu erklären. Das mittlere Knollengewicht betrug

bei kranken Pflanzen 215 g,
bei gesunden Pflanzen 385 g.

Knollen von rollkranken Pflanzen ergaben zu 94 % kranke Nachkommen.

Weiter wurde von Jordi die Frage erörtert: Wie verhalten sich Kartoffeltochterpflanzen, deren Mutterknollen verschiedenartig verschnitten worden waren? Im Jahre 1916 ausgeführte Versuche zeigten große Unterschiede. 1917 waren diese Differenzen bei weitem geringer, aber doch noch deutlich. Der Mittelertrag aus drei Sorten betrug pro Ar bei Aussaat von

großen Knollen	extragroßen Knollen	Längshälften	Spitzenhälften	Nabelhälften
367 kg	393 kg	339 kg	341 kg	315kg

Im Sommer 1919, der zwar regnerisch und kalt, aber doch im allgemeinen wasserarm war, war die Blattrollkrankheit sehr verbreitet, und zwar öfter an Stellen, wo die Krankheit vorher nicht geherrscht hatte, und aus gesundem Saatgut (z. B. aus gesunden Knollen der „Woltmann"). Die hervorstechende Eigentümlichkeit der Witterung waren die kalten Nächte. Nach eigenen Beobachtungen, denen auch Appel (mündlich) zustimmt, ist die Hauptursache für die hier beobachtete Form der Blattrollkrankheit in der Kühle der Witterung, besonders der Nächte, zu suchen.

Auch bezüglich der Tomate beschreibt Poser[2]) das Erkranken namentlich der besonders anfälligen „Schöne von Lothringen"[3]) als Folge plötzlicher Lüftung im sehr warmen Hause und auf zugigem Standort im Freien. Abstellen der Zugluft verhindert ein Fortschreiten der Krankheit. Schoevers[4]) glaubt das Entstehen durch Schneiden und Entspitzen der Tomaten,

[1]) Jordi, E., Die Blattrollkrankheit der Kartoffel. Arbeiten der Auskunftstelle an der landw. Hochschule Rüttli-Zollikofen. Ref. in Angew. Bot. I (1919).

[2]) Poser, C., Über das Blattrollen der Tomaten. Gartenwelt XXIV (1920), S. 181.

[3]) Herrmann (Die züchterische Bekämpfung der Blattrollkrankheit der Tomate. Gartenwelt 1920, S. 120) erwähnt durch Auslese gewonnene rollfeste Individuen der Sorte „Paragon".

[4]) Schoevers, T. A. C., Het Krullen van Tomatenbladern. Tijdschr. over Plantenziekten XXV (1919), Beibl. S. 11f.

wodurch der Transport der Reservesubstanzen aus den Blättern in die Früchte erschwert wird, herleiten zu können (vgl. auch bei Wunden).

Wie oben (S. 71ff.) betont ist, stammt die große Mehrzahl unserer Nutzpflanzen aus wärmeren Ländern, so auch die Kartoffel, und so kann auch sie nur in warmen trockenen Sommern ihren Kreislauf völlig vollenden. Es treten Stockungen, wie sie oben bei den Unterkühlungserscheinungen erwähnt waren, ein. Bei der Kartoffel war schon oben S. 535ff. (s. 935) eine Stockung in der Stärkeableitung durch in der Trockenheit mangelhaft ausgebildete Stengel erwähnt, bei dieser Form der Blattrollkrankheit dürfte eben durch den Mangel an Wärme die ableitende Tätigkeit des Protoplasmas gehindert sein, daher die Stärkeschoppung und die mangelhafte Ausbildung der neuen Knollen im Boden.

Damit stimmen auch die Beobachtungen von Schander[1]) überein, der die Ursachen für die Blattrollkrankheit als nicht einheitlicher Natur betrachtet, aber fand, daß Witterungsextreme die Krankheit begünstigen, und daß sie besonders in schweren Böden auftritt. Auch H. Quanjer[2]) spricht sich dahin aus, daß die die Blattrollkrankheit verursachende Nekrose des Phloëms ihren Grund in Verschiedenheiten der Wachstumsbedingungen hat und eine Abwegigkeit der Ernährung veranlaßt (vgl. auch bei Enzymatische Krankheiten). Ebenso wie Quanjer fand auch Foëx[3]) bei Blattrollungen der Kartoffel stark Gefäßnekrose; er glaubt aber trotzdem nicht an einen Zusammenhang beider Erscheinungen. Die Nekrose beschreibt er folgendermaßen: „Die Zellecken blähen sich auf und werden gelb bis braun, was auf Nachbarzellen übergreift; letztere können allerdings anderseits nekrotische Zellen erdrücken. Das Aufblähen kann die Zellhöhle zum Verschwinden bringen. Die verdickten Wände und die dichten Stoffe in gewissen Zellen bilden dunkle Massen. Zu Beginn der Nekrose geben die Zellwände Pektinreaktionen: Ruthenium — rot, Safranin — rotorange, Alaunkarmin — rot; später erleiden sie solche Veränderungen, daß das Karmin nur blauschwarze oder dunkelviolette Färbungen erzeugt. Dann gibt die Wand folgende Reaktionen: Jodsäure — gelb, Phlorogluvin + HCl — rot, Anilinsulfat — gelb, Mäule-Reagens — rot, Benzidinchlorür mit K-B.chromat — grünlichbraun, Sudan III — rot, Arkanett — rosa." Manche dieser Reaktionen deuten auf Lignin, die Unlöslichkeit in H_2SO_4 und in kochendem Alkali lassen vermuten, daß Suberin oder Cutin mit dem Lignin verbunden ist. Die Leptomnekrose deutet Foëx also auf einen Pektinabbau, der aber nicht wie bei den Akazien bis zur Bildung von Gummifluß geht. Das rasche Auftreten von Lignin und Suberin verhindert die weitere Zersetzung des Pektins. Wie Pethybridge und die meisten

---

[1]) Schander, R., Kartoffelkrankheiten. III. Landw. Zeit. 1908, Nr. 93.

[2]) Quanjer, H., Die Nekrose des Phloems der Kartoffelpflanze als Ursache der Blattrollkrankheit. Mededeel. Rijks Land-, Tuin- en Boschbouwschool. VI Wagen. 1913 (s. dort auch die Literatur). — Ders., De „Degeneratieziekten" van de aardappelplant, Vakblad voor Biologen II. (1921), 12 S.; vgl. O. v. Kirchner, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 31. — Gegen Quanjer wendet sich Esmarch (Landw. Jahrb. LIV (1919), S. 101ff.) der die Phloemnekrose für eine Alterserscheinung und für ein Zeichen der Notreife erklärt.

[3]) Foëx, Et., La nécrose du liber de la tige de pomme de terre atteinte de la maladie dite „de l'enroulement". Comptes rend. hebd. seanc. Acad. scienc. Paris 1920, S. 1336—1339 t 170; vgl. Matouschek, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXII (1922), S. 33. Ebendort (S. 223) stellt Quanjer fest, daß Foex schreibt: Obgleich wir in allen Fällen der Rollkrankheit, die wir beobachtet haben, die von Quanjer beschriebene Phloemnekrose angetroffen haben, glauben wir bis jetzt das Vorhandensein einer Beziehung zwischen der Veränderung dieses Gewebes und der fraglichen Krankheit nicht bestätigen (affirmer) zu können.

anderen, auch Appel, hält er hier die vorkommenden Parasiten nur für sekundär und ür Schwächeparasiten (die echten parasitären Erkrankungen vgl. im II. und III. Bande dieses Handbuches).

Über die anatomischen und mikroskopischen Veränderungen des Kartoffelleptoms (Vortrag, gehalten auf dem Internationalen

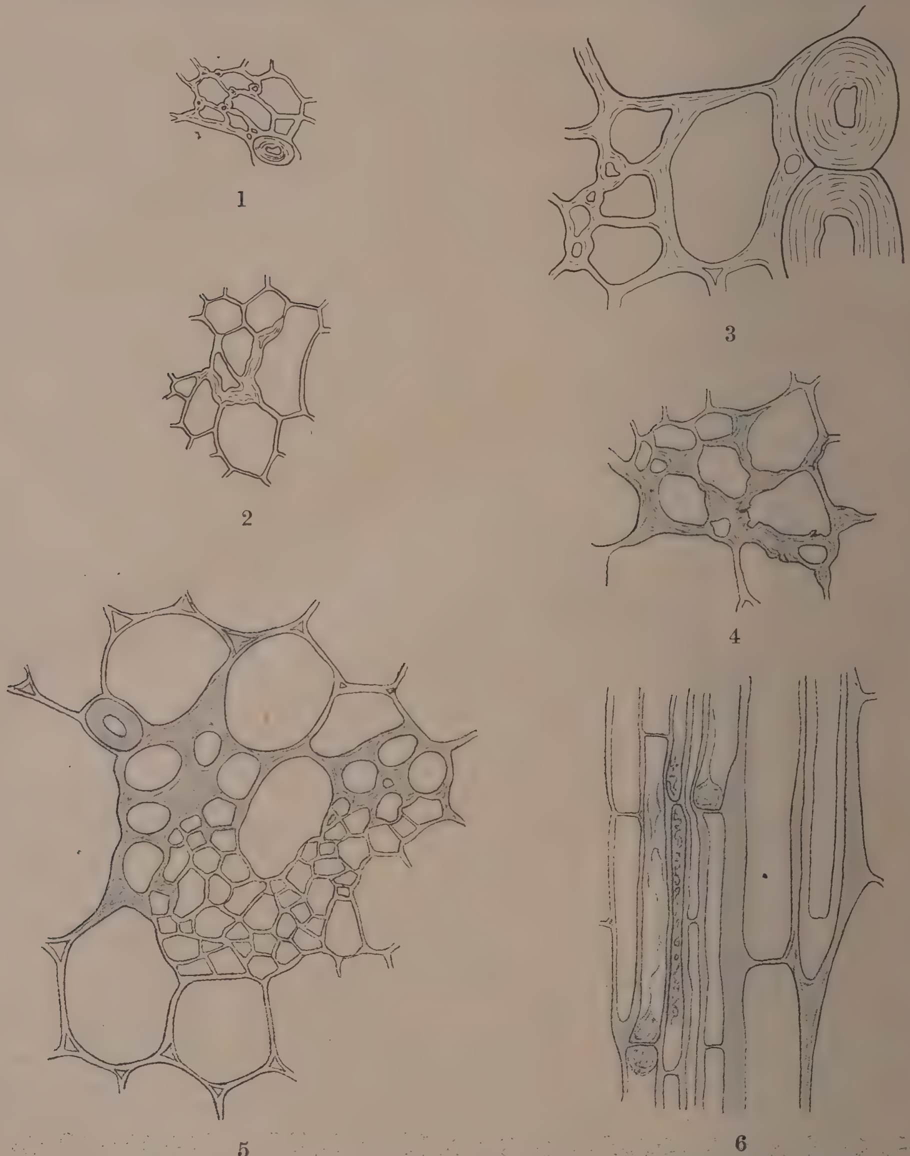


Abb. 259. Nekrobiose, Sorte Gloriosa. 1. Beginnende Aufquellung in den Zwickeln eines markständigen Leptombündels. 2. Fortschreitende Quellung der zwischen den Zwickeln liegenden Wandpartien. 3. Starke Zwickelaufquellung eines oberirdischen Stengelgliedes. 4. Starke Wandverquellung eines markständigen Leptombündels in unterirdischen Stengelknoten. 5. Markständiges Siebbündel mit starken Verquellungen an den älteren Siebteilen. 6. Markständiges Leptom. Nekrotisches Gewebe zwischen gesundem und nekrotischem. (W. von Brehmer.)

Kongreß in Holland 1923) berichtet in neuester Zeit W. von Brehmer[1]); bei der großen Wichtigkeit der Materie erscheint es angebracht, mit freundlicher Erlaubnis des Verfassers, den Vortrag möglichst ungekürzt hier wiederzugeben:

Die verschiedene Auffassung über die Korrelation der Leptomnekrose Quanjers zur Blattrollkrankheit veranlaßte meine Studien über die Entwicklungsgeschichte der Leptomnekrose in der Kartoffelpflanze. Meine Arbeiten erstreckten sich über mehrere Jahre und wurden an deutschem, amerikanischem und holländischem Untersuchungsmaterial durchgeführt. Das von mir selbst gesammelte holländische Material entstammte den Versuchsfeldern Prof. Quanjers. Als Ergebnis der Untersuchungen konnte ich feststellen, daß drei in ihrer Erscheinung nicht erkannte und voneinander unabhängige pathologische Vorgänge im Kartoffelleptom bisher unter den einen Begriff Leptomnekrose zusammengefaßt worden waren und daß daraus sich die verschiedenartige Beurteilung, teilweise Ablehnung der Korrelation zwischen Leptomnekrose und Blattrollkrankheit erklärte.

Die drei Veränderungen, welche im Kartoffelleptom vorkommen können, sind: Nekrobiose, Nekrose, und Obliteration.

I. Die Nekrobiose des Kartoffelleptoms ist allen Kartoffelpflanzen, ob gesund oder krank, eigen. Sie ist ein Verquellungsvorgang, der in den Zwickeln der älteren Leptomteile, gewöhnlich nahe den Bastfasern beginnt und sich allmählich auf die jüngeren nachwachsenden Leptomgewebe erstreckt (Abb. 259, 1—5). Die Zwickel erweitern sich zunächst, bekommen ein knolliges Aussehen und die Wandlamellen verlieren ihre dichte Anlagerung. Nach Übergreifen der Aufquellungen auf umliegende Zellwände tritt infolge Aufquellens derselben die knollige Zwickelverquellung zurück. Das ganze Gewebe erhält ein gleichmäßig verquollenes Aussehen. Der Zwickelraum und das Lumen der anliegenden Zellen verschwinden durch fortgesetzte Verquellung, nicht durch Zusammendrücken infolge turgeszenter Nachbarzellen. Befallen werden Siebröhren, Geleitzellen und Parenchymzellen. Die der Mittellamelle anliegenden Wandpartien sind stärker verquollen als die der Mittellamelle abgekehrten. Optisch erscheinen die mittleren Wandpartien hellglänzender als die äußeren. Den Fortgang der Verquellung zeigt Abb. 259, 5. Die Lumina älterer Zellen sind verschwunden (Abb. 259, 5), die jüngerer rundlich verengert, die junger Zellen unverändert. Gelbverfärbungen der Wände und Gewebezerrungen treten nicht auf. Im Endstadium verquellen ganze Zellkomplexe einschließlich der äußeren Wandlamellen. Der Zusammenhalt der Zellen ist gestört. Gelatinöse Zellulosemassen erfüllen eine ursprünglich viele Zellen umfassende Lücke. Im Längsschnitt (Abb. 259, 6) sind die Wandverquellungen gekennzeichnet. Die Siebröhren enthalten einen Kern (Abb. 260, 1—3), sind also als normale Zellen aufzufassen, die aus Protoplasma und Zellkern bestehen. Die nekrobiotischen Zellen werden nicht zusammengedrückt, sondern ihr Lumen verkleinert sich allmählich dem Grade der Verquellung entsprechend. Die innere Oberfläche der verquellenden Zellen ist rundlich. Sie behalten ihre Turgeszenz bis kurz vorm Verschwinden des Zellumens, d. h. bis dasselbe sich mehr als $^2/_3$ seiner ursprünglichen Ausdehnung verengert hat. Dann stirbt die Zelle ab (Abb. 260, 3). Das abge-

[1]) Mitteilungen d. „International Conference of Phytopathology and economic Entomology. Holland 1923.

storbene Protoplasma liegt als dichter Belag der Wand an. Später wird die nekrobiotische Zelle zusammengedrückt, ihr Lumen verschwindet und hinterläßt einen geraden bis schwach bogigen Spalt (Abb. 260, 3a), der nicht bleibend ist, sondern in der Quellmasse verschwindet. Die Quellmasse besteht aus einer Mischung von Zellulose, Wasser und Schleim (Nachweis: Mazerationsverfahren mit Salzsäure in Alkohol). Sie bildet sich in Zellkomplexen, welche infolge Neubildung von Leptomgewebe nicht mehr für den Leitungsprozeß benötigt werden. Die verquollenen Zellen werden ihrer ursprünglichen physiologischen Bestimmung enthoben und übernehmen die sekundäre Funktion des Wasserspeichers für nachwachsende jüngere Leitungsgewebe. Da die alten Gewebe aus dem Lebensbereich der Kartoffelpflanze nicht endgültig ausscheiden, sondern, obwohl sie an und für sich abgestorben sind, einen Funktionswechsel vornehmen, habe ich sie mit nekrobiotisch bezeichnet. Menge und Grad der nekrobiotischen Verquellungen sind für ein und dieselbe Kartoffelsorte verschieden. Sie finden sich besonders dort, wo das Leptom mächtig ausgebildet ist, wie unter den Stengelflügeln, an den Blattknoten, in den Blattmittelnerven, auch im

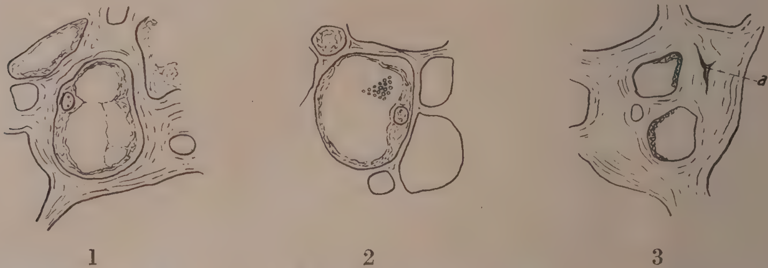


Abb. 260. Nekrobiose. Kernnachweis in den verquollenen Zellen. 1. Normale Siebröhre mit einseitiger schwacher Wandverquellung. 2. Stärker verquollene Siebröhre mit Kern. 3. Sehr stark verquollene Siebröhre ohne Kern mit abgestorbenem Plasma. *a*) Zusammengedrückte Zelle. (W. von Brehmer.)

markständigen Siebgewebe. In den Knollen sind nur nekrobiotische Anfänge zu finden. Frühsorten haben mehr Nekrobiose als Spätsorten. Anhaltende Trockenheit besonders in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode begünstigt die Nekrobiosebildung. Knollen aus Ernten feuchter Jahre haben mehr Nekrobiose wie solche normaler Jahre. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß in günstigen Jahren die Leptomveränderungen nur älteren, in ungünstigen Jahren fast allen Teilen der Kartoffelpflanze eigen sind, ferner daß je geringer die Assimilationsenergie, also je geringer die Beanspruchung der Siebelemente für die Leitung der gebildeten Kohlehydrate ist, desto stärker die Verquellung der Leptomwände und desto zahlreicher die der Nekrobiose verfallenen Leptompartien. Diese Korrelation tritt bei der Pflanze selbst insofern ein, als bei geringerer Leitungsbeanspruchung erst die markständigen Siebbündel, dann die der Rinde außer Funktion gesetzt werden.

Im polarisierten Lichte bleibt nekrotisches Gewebe sichtbar. Die verquollenen Zellwände erscheinen homogen leuchtend, die Zelle an sich etwas vergrößert (Abb. 261, rechts).

Mikrochemisch verhält sich nekrobiotisches Gewebe wie die gesunden Zellulosewände.

II. Die Leptomnekrose Quanjers. Untersucht wurden u. a. besonders von Quanjer als einwandfrei krank bezeichnete Kartoffelstauden. Die Leptomnekrose beginnt nicht mit Zwickelaufquellung, sondern an willkürlichen Stellen des Leptoms (Abb. 262, 2). Sie steht mit der Zwickelverquellung in keinem ursächlichen Zusammenhang, obschon bei fortschreitender Nekrose verquollene nekrobiotische Zwickel in Mitleidenschaft gezogen werden können. In diesem Falle erweitert sich der Zwickelraum nicht, sondern sinkt in sich zusammen. Eine Verfärbung des Gewebes ist im Anfangsstadium nicht zu beobachten. Bei Ausbreitung der Nekrose (Abb. 263) sinken die befallenen Zellen schnell zusammen, sterben end-

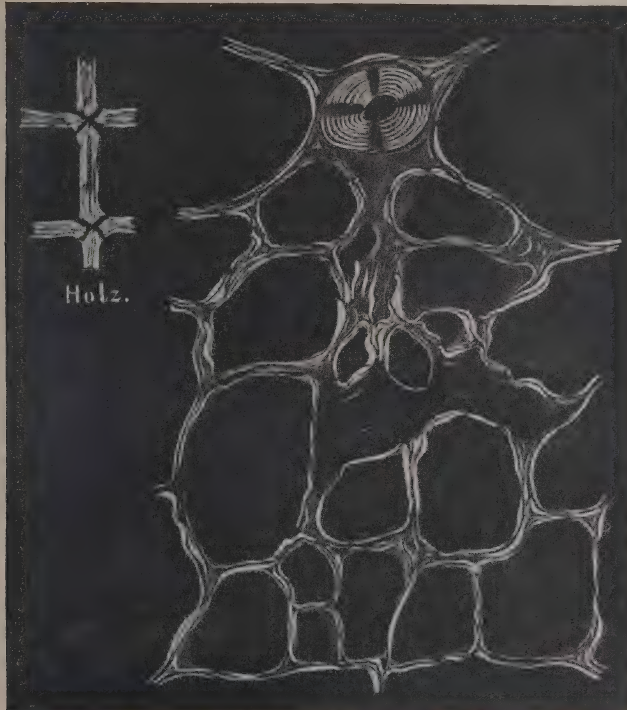


Abb. 261. Nekrose. Schnitt wie Abb. 263, aber im polarisierten Lichte gesehen. (W. von Brehmer.)

gültig ab, ihr Kern korrodiert, das Plasma schrumpft. Die nekrotischen Zellen hinterlassen je nach dem Grade der Erkrankung entweder ein Lumen, dessen Innenoberfläche stark zerrissen oder effiguriert ist, oder infolge des Drucks der umliegenden turgeszenten Zellen nur noch einen dunklen, deutlich hervortretenden unsymmetrischen, vielzackigen, aber bleibenden Spalt. Die Gewebe strecken sich mehr oder weniger stark und verfärben sich gelb bis bräunlichgelb. Bei Beginn der Nekrose tritt Wandverdickung ein, die in vorgeschrittenerem Stadium wieder abnimmt. Die Verdickungen selbst sind verschieden stark, jedoch bedeutend geringer und von anderer Natur als die der Nekrobiose. Gewöhnlich sind die Wandaufquellungen unbedeutend, seltener stärker. Der Grad der Wandaufquellung ist abhängig von der Schnelligkeit des Absterbens der Zelle. Treten

Nekrosenester in sehr stark verquollenem Gewebe auf, dann ist ursprüngliches nekrobiotisches Gewebe später von Nekrose befallen. In solchen Fällen tritt Gelbverfärbung der Gewebe von vornherein auf. In extremen Fällen kann die nekrobiotische Entwicklung durch Nekrose unterbrochen werden. Die ursprünglich homogen verquollenen Zellen effigurieren, die Wände beginnen zu zerfasern (Erregertätigkeit ?). Es scheint, als ob Nekrose mit Vorliebe im nekrobiotischen Gewebe auftritt. Sind Erreger die Ursache der Nekrose, dann scheinen sie in der Quellsubstanz einen günstigeren Nährboden zu haben, als im Inhalt der Zelle. Besondere Kennzeichen der nekrotischen Zelle sind ihre zerrissene innere Oberfläche oder der zackige Spalt, Gewebezerrungen und Gelbverfärbungen.

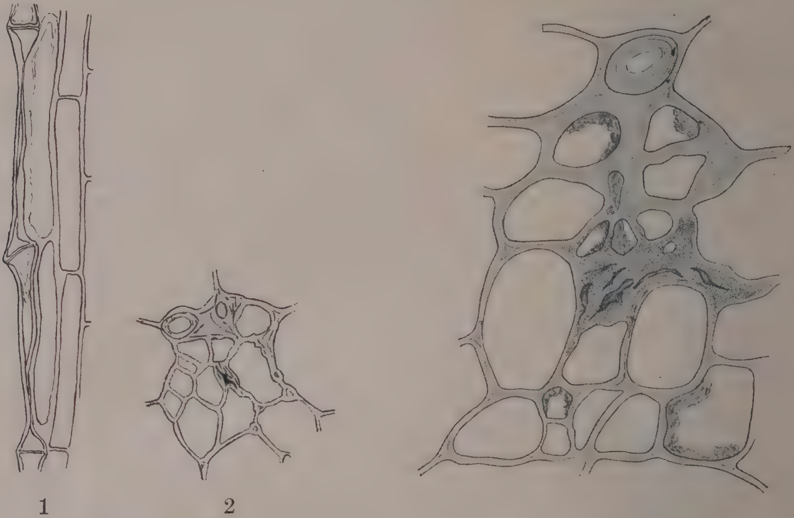


Abb. 262. Nekrose. 1. und 2. Sorte Gloriosa. 1. Längsschnitt durch nekrotisches markständiges Leptombündel. 2. Beginnende Nekrose mit schwacher Gewebezerrung, keine Gelbverfärbung. Die nekrobiotischen Verquellungen sind von dem nekrotischen Gewebe unabhängig. (W. von Brehmer.)

Abb. 263. Nekrose. Sorte Gloriosa. Markständiges Leptom. Nekrotisches Gewebe zwischen gesundem und nekrobiotischem. Die punktierten Flächen sind im Original gelb bis gelbbraun. (W. von Brehmer.)

Bei nicht nekrobiotischen, also normalem Gewebe tritt Gelbverfärbung der Zellwände durch Nekrose erst im vorgeschrittenen Stadium ein, im Endeffekt ist sie immer vorhanden. Bei nekrobiotischem Gewebe erscheint die Gelbverfärbung durch Nekrose schon im ersten Anfangsstadium und ist im Endeffekt an Intensität gesteigert. Eine Sorteneigentümlichkeit ist die Gelbverfärbung nicht. Die gelben Einschlüsse in Interzellularen, die bekanntlich bei den meisten Pflanzen vorhanden sind, dürfen mit den Gelbverfärbungen, verursacht durch Nekrose, nicht verwechselt werden. Die nekrotischen Siebröhren (Abb. 262, 1) erscheinen im Längsschnitt teilweise oder völlig zusammengesunken. Die teilweise zusammengesunkene Zelle zeigt im Querschnitt ein zerrissenes Lumen; die zusammengedrückte den dunklen, unregelmäßigen Spalt. Die Siebplatten leisten dem Druck der umliegenden turgeszenten Zellen Widerstand. Sie sind meist plan oder infolge des

Drucks schwach gebogen. Die auf den Siebplatten lagernden rundlichen Kalluspolster (Abb. 259, 6) werden bei den nekrotischen Zellen in das Innere der Siebröhre hineingepreßt (Abb. 262, 1). Der Inhalt kranker Siebröhren ist stärker gekörnelt als der gesunder. Abb. 264, 6 veranschaulicht nekrotisches Gewebe zwischen nekrobiotischem und gesundem. Dasselbe Bild polarisiert (Abb. 261, rechts), läßt zwischen gekreuzten Nikols den gelbgefärbten nekrotischen Gewebestrich ohne Zelldifferenzierung schwach leuchtend oder ausgelöscht erscheinen. Holz und Bast dagegen treten helleuchtend hervor (Abb. 261, links). Die Gelbverfärbung des Nekrosegewebes ist daher nicht auf Verholzung zurückzuführen.

Brauchbare mikrochemische Reaktionen zur Erkennung der Nekrose sind:

1. Millons Reagenz: Bei gleichzeitiger schwacher Erweiterung der zusammengesunkenen Siebröhren treten dieselben infolge des rotbraungefärbten Inhaltes deutlich hervor.
2. Reaktion von Mäule färbt das nekrotische Gewebe durch die oxydierende Wirkung des Mangans als Folge des saureren Charakters zunächst schwarzbraun, ebenso den Inhalt gesunder Zellen und Holzgewebe. Zellulose und Nekrobiose werden schwach rötlichgelb. Nach Zusatz von Salzsäure und Ammoniak entfärbt sich das nichtverholzte Gewebe einschließlich der nekrotischen Teile. Nur die Zellinhalte behalten eine Zeitlang eine schwach grünlichgelbe Färbung. Der ursprüngliche Gelbstoff des nekrotischen Gewebes ist zerstört. Holz und Bast färben sich dunkelweinrot. Auch diese Reaktion beweist das Fehlen von Holzbestandteilen im Nekrosegewebe.
3. Jodjodkalilösung mit anschließendem Zusatz von Schwefelsäure verursacht starke Jodablagerung im nekrotischen Gewebe. Daß keine Holzablagerungen in diesem, trotz der fast gleichen Färbung des Holzes sind, beweist der Jodumschlag in blau nach Zusatz von Schwefelsäure. Beim Ablauf der Reaktion verzögert sich der Farbumschlag des Nekrosegewebes in blau, im Gegensatz zur gesunden Zellulose und Nekrobiose. Der Grund ist, daß vorher infiltrierte Kallose erst gelöst werden mußte.
4. Die Phlorogluzin-Salzsäure-Reaktion weist ebenfalls auf Abwesenheit von Holzbestandteilen im nekrotischen Gewebe hin. Eine gewisse Farbähnlichkeit besteht zwischen dem Inhalt der nekrotischen Zellen und Holz. Ersterer verfärbt sich braunrot, letzteres violettrot. Die Zellulosemassen bleiben gelb. Bräunlichrote Schattierungen in der Umgebung der nekrotischen Zellen sind auf in ihre Zellwände infiltrierte Zellinhaltsbestandteile, nicht aber auf Holzeinlagerungen zurückzuführen.
5. Chlorzinkjod zeigt, daß je größer der Wassergehalt der Wände, desto geringer ihre Reaktionsintensität ist und daß die Quellung, also der Wassergehalt in der Mitte der Wände und in den Zwickeln stärker ist als in den Randpartien. Die Verquellung nicht nekrotischer Gewebe beginnt von innen. Die nekrotischen gelben Wände sind von feinen blauen Linien durchzogen. Die Zellulose ist also an sich nicht völlig zerstört, nur bestimmte Teile von ihr müssen sich geändert haben, weil allein durch intermolekulare Einlagerung von irgendwelchen Stoffen der Zellulosecharakter nicht so stark herabgedrückt werden kann.

Bei den vielen von mir untersuchten Kartoffelstauden, ob gesund oder mit irgendeiner Staudenkrankheit behaftet, habe ich die Leptomnekrose nur bei blattrollkranken Pflanzen finden können. Fand ich dieselben auch bei anderen Staudenkrankheiten, dann waren diese außerdem noch blattrollkrank. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß in ein und derselben Kartoffelstaude verschiedene Krankheiten gleichzeitig auftreten können, und daß die Ansicht Quanjers, daß zwischen Leptomnekrose und Blattrollkrankheit eine Korrelation besteht, also die Leptomnekrose für Blattrollkrankheit typisch sei, zu Recht besteht.

III. Die Obliterationen des Kartoffelleptoms. Die auf Abb. 264 wiedergegebenen Veränderungen des Kartoffelleptoms treten niemals bei noch wachsenden Pflanzenteilen auf, sondern nur bei solchen, die kurz vor der

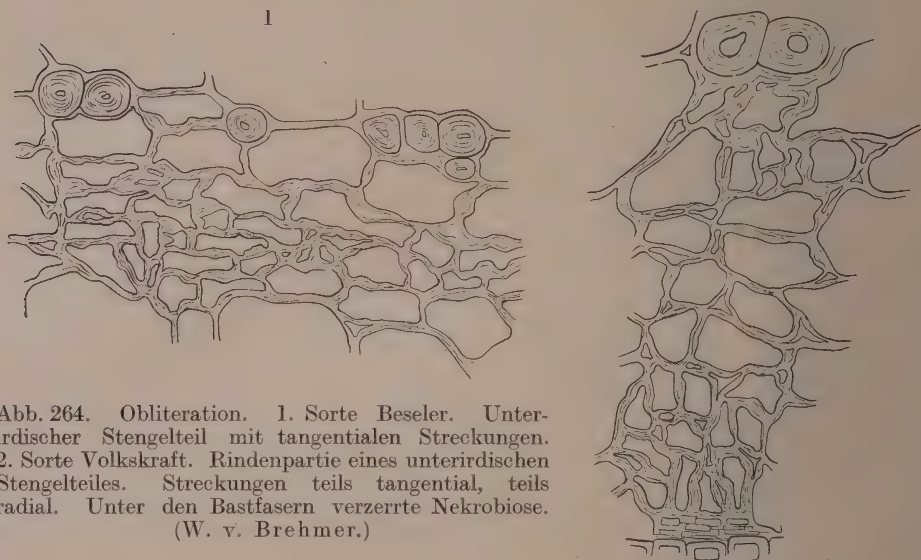


Abb. 264. Obliteration. 1. Sorte Beseler. Unterirdischer Stengelteil mit tangentialen Streckungen. 2. Sorte Volkskraft. Rindenpartie eines unterirdischen Stengelteiles. Streckungen teils tangential, teils radial. Unter den Bastfasern verzerrte Nekrobiose. (W. v. Brehmer.)

Ernte gesammelt, deren Blätter und Stengel mehr oder weniger stark vergilbt, deren Zellen also im Absterben begriffen sind. Diese Veränderungen sind typische Alterserscheinungen. Das ganze Phloemgewebe ist mehr oder weniger gleichmäßig und stark verdickt, tangential oder radial zusammengedrückt und gestreckt. Gelbverfärbungen treten nicht auf. Die Siebelemente speziell sind zusammengesunken, ihr Lumen ist noch sichtbar, die charakteristischen Spalten der Nekrose fehlen. (Abb. 264 ist ein Schnitt durch das rindenständige Leptom eines unterirdischen Stengelteiles der Sorte Beseler.) Ziemlich gleichmäßige Wandverdickungen verlaufen in tangentialer Streichrichtung. Nekrobiose verfällt ebenfalls diesem Altersprozeß, Nekrose nicht. Altes verzerrtes, teilweise zerrissenes nekrobiotisches Gewebe liegt unter den Bastfasern der Abb. 264. Diese Gewebeveränderungen haben mit Nekrose und Nekrobiose nichts gemeinsam. Sie sind „Obliterationen der Siebröhren", weil die befallenen Zellen ihres Inhalts entleert sind, d. h. für die Leitung der plastischen Reservestoffe nicht mehr benötigt werden, wenn auch bei den Obliterationen der dikotylen Hölzer die einzelnen Zellen stärker zusammengesunken und die Zerrungen der

Gewebe ausgesprochener sind. Bei den Kartoffelstauden sind diese Gewebeveränderungen Anfangsstadien der Obliterationen, die deswegen nicht so typisch sind, weil das Kartoffelkraut einjährig ist und die Gewebespannungen nicht so weit durchgeführt werden konnten, wie bei Hölzern. Die Obliterationen beginnen nicht an einem Punkte, um sich auf das ganze Phloem auszudehnen, sondern dort, wo zur Zeit gerade die Gewebe ihres Inhaltes entleert sind und nicht mehr für die Leitung von Stoffen in Frage kommen. Neben Siebröhren und Geleitzellen verfällt auch das Rindenparenchym der Obliteration. Die Veränderung der einzelnen Zellen ist nicht Ursache der Gewebezerrung, sondern radialer Druck und tangentialer Zug.

Zusammenfassung:

Bei einwandfrei gesunden Pflanzen tritt Nekrose nicht auf, sondern nur Nekrobiose und Obliterationen.

Bei einwandfrei nur blattrollkranken Pflanzen sind nekrotische und nekrobiotische Leptomveränderungen immer vorhanden, Obliterationen seltener.

Die anderen bisher bekannten Staudenkrankheiten stehen mit der Blattrollkrankheit in keinem ursächlichen Zusammenhang.

Im Gegensatz zur Nekrose sind Nekrobiose und Obliteration Alterserscheinungen. Letztere sind voneinander verschieden.

Die nekrotischen Veränderungen des Siebgewebes nehmen in den Siebröhren ihren Anfang und verbreiten sich von dort auf die umliegenden Gewebe.

Der Inhalt der nekrotischen Zellen hat saureren Charakter als der benachbarter gesunder Zellen.

Die Siebröhren der Kartoffelpflanze enthalten einen Kern.

Gerade bei der Kartoffel scheinen, wie auch bei der Fadenkrankheit (S. 299), derartige Stoffwechselstörungen sich häufig auf die nächste vegetative Generation fortzupflanzen; die Erscheinung wird deshalb oft fälschlich „erblich" genannt, wirklich vererbt kann etwas aber doch nur durch Samen werden. Die meisten Beobachter, auch Appel, stimmen darin überein, daß von erkrankten Pflanzen stammende Knollen wieder zum erheblichen Teile rollkranke Pflanzen liefern. Es liegt das augenscheinlich ebenso wie bei der Fadenkrankheit an der mangelhaften Ausbildung der aus den schlechtgebildeten Knollen hervorwachsenden Stengelorgane, die wieder ihrerseits das plastische Material der Blätter schlecht ableiten und den Stärkeaufstau bewirken. Die Krankheit kann sich daher in gewissen Gegenden zum Sortenfehler ausbilden, da die einzelnen Sorten („Individuen"!) verschieden empfindlich sind. Knollenauslese wird deshalb vielfach empfohlen[1]). Andere, wie z. B. Pethybridge[2]), bestreiten die Abhängigkeit vom Saatgut und halten nur Klima und Boden für die Ursache. So viel steht aber wohl fest, daß die schwächlichen Knollen der erkrankten Pflanzen zum mindesten stärker anfällige Pflanzen liefern als

[1]) Vgl. Schander, R., Durch welche Mittel treten wir der Blattkrankheit und ähnlichen Kartoffelkrankheiten entgegen. Fühlings Landw. Zeitung LXIII (1914), S. 225—243.— Vgl. auch Herrmann, F., Züchtung einer gegen die Blattrollkrankheiten widerstandsfähigen Tomatensorte durch Auslese. Bericht d. höh. staatl. Lehranstalt f. Obst- u. Gartenbau Proskau f. 1918—19, S. 111. Berlin, Parey, 1921. Es handelt sich um die Sorte „Paragon".

[2]) Pethybridge, C. H., Investigations on potato diseases. Journ. of the Rep. of Agric. and Tech. f. Ireland 1912.

gesunde kräftige, wie denn auch die kleinen Nachkömmlingsknollen gesunder Pflanzen mit schlechtentwickelten Augen ganz erheblich mehr rollkranke Pflanzen lieferten als großäugige Knollen.

Die Schrumpfkrankheit des Maulbeerbaumes.

Die durch ganz Japan jetzt verbreitete Krankheit, welche in Europa sicherlich auch zu finden sein wird, ist erst seit vielleicht 20—30 Jahren genauerer Beobachtung gewürdigt und erst in den letzten Jahrzehnten ernstem Studium unterzogen worden. Nach Suzuki[1]), dem wir in der Darstellung folgen, heißt die Krankheit in Japan Ishikubyo oder Shikuyobyo. Gerade so wie die Mosaikkrankheit tritt auch die Schrumpfkrankheit am intensivsten bei den zartblättrigen und schnellwüchsigen Sorten auf. Innerhalb derselben Kulturvarietät leiden die Individuen am stärksten, welche zu viel flüssigen Dünger erhalten, während die in magerem Boden oder in Berggegenden angepflanzten Bäume beinahe frei von der Krankheit sind.

Von besonderer Wichtigkeit ist, daß die Krankheit ungefähr gleichzeitig mit der allgemeinen Einführung der sogenannten Schnitt-Methode in Japan sich bemerkbar machte. Diese besteht darin, daß die Stämme oder Zweige zur Zeit der üppigsten Blattentwicklung (Mai-Juni) kurz über dem Boden abgeschnitten werden, wenn die Pflanze drei Jahre alt ist. Darauf produziert der Stock sofort wieder neue üppige Triebe, die bis September noch fünf bis sechs Fuß hoch werden. Diese Zweige werden im folgenden Sommer wieder geschnitten, und zwar entweder kurz über dem Boden oder mehrere Fuß über der Bodenoberfläche. Die lang geschnittenen Exemplare leiden weniger von der Krankheit, und in denjenigen Gegenden, in welchen die Pflanzen nach der alten Kulturmethode gar nicht geschnitten werden, ist die Krankheit überhaupt unbekannt, so daß man mit Sicherheit behaupten darf, daß es sich auch hier um eine Folgeerscheinung der Hochkultur handelt. Für die Ansicht, daß namentlich dieses Schneiden während der Triebzeit die Ursache der Schrumpfkrankheit ist, spricht auch der Umstand, daß die im Herbst oder ersten Frühjahr vor dem Laubausbruch geschnittenen Pflanzen gesund bleiben. Kranke Pflanzen können geheilt werden, wenn sie einige Jahre vom Schnitt verschont bleiben.

Das erste Zeichen der Krankheit erscheint gewöhnlich an jungen aus dem Stammstumpfe hervorbrechenden Zweigen, wenn dieselben etwa einen Fuß Höhe erreicht haben. Zunächst schrumpfen die obersten Blätter oder zeigen andere Schwächeerscheinungen, und diese Veränderung schreitet allmählich abwärts fort, wobei die Blätter sich gelblich oder schmutziggrün färben oder aber auch ihre normale Färbung behalten können. Meist finden sich diese Veränderungen langsam ein, indem im ersten Jahre nur die oberen Blätter einzelner Triebe erkranken und der Zustand sich im Laufe der Jahre derart ausbreitet, daß der Baum abstirbt. Es gibt aber auch akute Fälle, in denen alle Blätter gleichzeitig in einem Jahre schrumpfen. Die Äste der erkrankten Pflanzen sind gewöhnlich sehr dünn und entwickeln sehr zahlreiche Seitenzweige und Blätter; die Zweige erschlaffen bisweilen und verlieren ihre Festigkeit; die Wurzeln beginnen zu faulen.

[1]) Suzuki, U., Chemische und physiologische Studien über die Schrumpfkrankheit des Maulbeerbaumes, eine in Japan sehr weit verbreitete Krankheit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten XII (1902), S. 203. — Miyoshi, M., Untersuchungen über die Schrumpfkrankheit (Ishikubyo) des Maulbeerbaumes. Journ. Coll. sc. Tokyo XV (1901), P. 3.

Man hat natürlich vielfach Parasiten für die Erkrankung verantwortlich gemacht und namentlich die Erscheinung als Folge einer parasitären Wurzelfäule hingestellt; aber nachweislich sind die Wurzeln in den ersten Stadien der Erkrankung der oberirdischen Teile noch gesund; außerdem erscheint es von vornherein bemerkenswert, daß ein Parasit immer nur die nach der Schnitt-Methode behandelten Bäume aufsucht.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Tatsachen wird man zu dem Schluß gedrängt, daß hier eine fortgesetzte Störung des Gleichgewichts in den Ernährungsvorgängen die Ursache sein muß. Dies wird durch die zahlreichen Analysen Suzukis bestätigt. Er fand z. B. im Durchschnitt von zehn Untersuchungen bei den Blättern der schrumpfkranken Pflanzen, wenn der Gehalt der gesunden Blätter = 100 gesetzt wird:

Wassergehalt 94,7%, Trockensubstanz 116%. In 100 Teilen der Trockensubstanz sind enthalten:

(normal mit 100 in Ansatz gebracht):

Protein	81,8 %
Fett	86,0 ,,
Rohfaser	81,4 ,,
Stickstoffreie Extraktivstoffe	120 ,,
Reinasche	91 ,,
Gesamtstickstoff	81,8 ,,
Eiweißstickstoff	86,8 ,,
Nichteiweißstickstoff	66,6 ,,

In 100 Teilen Asche sind enthalten

(normal mit 100 in Ansatz gebracht):

SiO^2	113,1 %	K^2O	92,3 %
SO^3	97,2 ,,	CaO	105,5 ,,
P^2O^5	101,6 ,,	MgO	120,6 ,,

Also: großer Aschereichtum im Verhältnis zur produzierten organischen Substanz, wie wir dies als typisch für alle Mangelpflanzen bereits betont haben.

Was nun die Schrumpfkrankheit der Maulbeerbäume charakterisiert, ist eine Anschoppung von Stärke in den kranken Blättern und eine sehr mangelhafte Ausbildung des Holzkörpers, namentlich der stoffleitenden Bahnen, des Siebröhrenkörpers. Durch die geringe Zahl und Lumenbreite dieser Elemente kann nur eine langsame Wegführung der Assimilate (hier speziell des Zuckers) stattfinden; infolgedessen wird die weitere Lösung der Assimilationsstärke gehindert. Neben diesen anatomischen Verhältnissen weist nun die Chemie eine abnorm große Quantität von Oxydasen, und Peroxydasen nach. Nach Woods ist es sehr wahrscheinlich, daß die Oxydasen nicht nur Chlorophyll zerstörten, sondern auch die diastatische und proteolytische Wirkung verhindern, und deshalb würden sie die Ursache der Verzögerung in der Wanderung der Stärke und Stickstoffverbindungen sein können. Allerdings behauptet Shibata auf Grund seiner Studien, daß die Diastasewirkung nicht durch die Oxydase verhindert wird, und daß die Mehrproduktion der Enzyme durch die gesamte Entleerung der Assimilate hervorgerufen würde. Welche von diesen Ansichten die richtige ist, müssen spätere Untersuchungen klarstellen. Uns genügt hier die Tatsache, daß die Gesamtmenge der Reservestoffe bei den kranken Pflanzen erschöpft wird (Suzuki a. a. O. S. 277). Dies kommt

auch in der mangelhaften Füllung der Zweig- und Wurzelrinde und der ruhenden Knospen mit Stärke zum Ausdruck und äußert sich außerdem im Nachlassen des Wurzeldruckes und der Transpirationsintensität (Miyoshi). Es ist nun erklärlich, daß, wenn eine Pflanze durch Fortnahme ihres Laubkörpers fortgesetzt gezwungen wird, ihr Reservematerial zu verbrauchen, sie nicht Zeit hat, genügend die Ersatzorgane auszureifen, d. h. hinreichend Stärke, Eiweiß und Zellulose in ihnen niederzuschlagen.

Übrigens kommen ganz ähnliche Krankheitserscheinungen auch bei dem Teestrauch vor, sobald das Abpflücken der Blätter unrationell betrieben wird.

b) Sereh- und Rosettenkrankheiten[1]).

Die Serehkrankheit des Zuckerrohrs.

Die auf Java zuerst in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts aufgetretene und von Westen nach Osten fortschreitende Sereh, ist zur Zeit wohl die gefürchtetste Krankheit des Zuckerrohres; sie ist jetzt auch auf Réunion, Sumatra, Borneo, Malakka, den maskarenischen Inseln und in Australien beobachtet worden[2]). Der Name stammt nach Krüger[3]), dem wir hier zunächst folgen, von der javanischen Bezeichnung des auf Java häufig in Gärten angebauten *Andropogon schoenanthus* (jav. *Seréh*), welches Gras außerordentlich reich verzweigte Büsche bildet. In ihrer ausgebildeten Form tritt nun die Krankheit des Zuckerrohrs auch in einer übermäßigen Bildung kurzer Seitentriebe auf, welche die Pflanze buschig machen. Der Wurzelkörper zeigt geringe Ausdehnung, weil nur wenig schlanke Äste sich im Boden ausbreiten; die Mehrzahl der Wurzeln bleibt kurz und buschig, da ihre Spitzen absterben und die Neubildungen demselben Schicksal verfallen. In dem abgestorbenen Gewebe finden sich reichlich Parasiten, unter denen auf Java *Tylenchus sacchari* am meisten vorhanden ist. Die Internodien der Stengel bleiben kurz, die Augen in den Blattachseln schwellen halbkugelig an, während sie (mit Ausnahme einzelner Sorten) bei dem normalen Rohr flach muschelförmig in kleinen Vertiefungen des Stengels liegen. Das Wachstum des Haupttriebes bleibt zurück, und dafür entwickeln sich schnell die unteren, namentlich die in der Erde befindlichen Augen. Bei diesen neuen Trieben aber wiederholt sich alsbald derselbe Vorgang des Zurückbleibens des Spitzenwachstums und Hervorbrechens sekundärer Achsen, wodurch der ganze Stock eine abnorme Buschbildung erhält. Das javanische Material, das Sorauer untersuchte, zeigte an oberen, hochgelegenen Punkten des Stengels bisweilen eine derartige Verästelung der Seitenachsen, daß sich hexenbesenartige Nester bildeten. Zwischen dieser büschelartigen Verzweigung und dem schlanken normalen Zustande finden sich in den verschiedenen Krankheitsstadien alle möglichen Übergänge.

Infolge der starken Verkürzung der Internodien stehen die Blätter fächerartig beieinander; die Blattscheiden sind wie ineinandergeschachtelt. Ihr Absterben erfolgt in vielen Fällen nicht, wie normal, vom Rande aus

---

[1]) Vgl. auch oben S. 164 erbliche Konstitutionskrankheiten.

[2]) Noack, F., Vom Pariser Congreß. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1901, S. 297.

[3]) Krüger, W., Über Krankheiten und Feinde des Zuckerrohrs. Ber. d. Versuchsstation f. Zuckerrohr in West-Java, Kagok-Tegal. Dresden, Schönfelds Verlag, 1890, S. 126. — Zeijlstra, Versuch einer Erklärung der „Sereh"-Erscheinungen des Zuckerrohres. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XXIX (1911), Heft 6.

nach Mittelnerv hin fortschreitend, sondern umgekehrt, und die Folge ist, daß sie lange am Stengel sitzen bleiben und Niststätten für Mikroorganismen bilden. Ihre Farbe ist meist dunkler als die der normal abgestorbenen Blätter, und während diese zähe sind, zeigen sich jene spröder und unterliegen leicht dem Zerfall.

In dem Querschnitt durch einen Knoten des kranken Rohres fallen sofort die intensiv rotgefärbten Gefäßbündel auf, deren Farbstoff mit Alkohol ausziehbar ist. Die Zellmembranen sind häufig verquollen und teilweise zerstört.

Diese Rotfärbung der Bündel tritt schon in Stecklingen und bei älteren Pflanzen in den ersten Krankheitsstadien auf, so daß man glaubte, sie als ein besonders beachtenswertes Merkmal hervorheben zu müssen.

Wir haben die Rotfärbung der Zellmembranen bei vielen nichtparasitären Erkrankungen von Monokotylen beobachtet, und Busse[1]) hat dieselbe bei der *Sorghum*-Hirse in Deutsch-Ostafrika künstlich dadurch hervorrufen können, daß er die Blattspreiten mit Vaselin oder Paraffinöl bestrich. Die Färbung leitete sich in den Stereombelägen der Gefäßbündel weiter fort und wird von Busse auf eine Störung des Atmungsprozesses zurückgeführt. Wir halten die Rotfärbung für eine Oxydationserscheinung, die bei den verschiedensten Ursachen, namentlich aber bei Wurzelerkrankungen eine Funktionsstörung im Leitungssystem anzeigt. Sehr deutlich tritt sie auch bei der Ananaskrankheit, einer parasitären, durch *Thielaviopsis ethaceticus* erzeugten Krankheit des Zuckerrohrs auf, die durch Stecklinge fortgepflanzt ist. Je größer der Zuckerreichtum des Stengels — er nimmt von der Basis bis ungefähr zur Mitte hin ständig zu —, desto leichter erkranken die Stecklinge durch den Pilz[2]). Die Rotfärbung erscheint bei der Serehkrankheit bisweilen ganz isoliert in einzelnen Knoten, während das darunter liegende Internodium noch unverfärbte Fibrovasalstränge besitzt. Dies läßt darauf schließen, daß die Krankheit ein Allgemeinleiden, eine Konstitutionskrankheit darstellt, die ihre ersten sichtbaren Symptome bald hier, bald dort an besonders geschwächten Stellen in die Erscheinung treten läßt.

Man hat die Ursache der Krankheit in den verschiedenartigsten Einflüssen gesucht: Bodenerschöpfung, Degeneration durch fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung, abnorme Witterungsverhältnisse, unpassende Düngung, namentlich mit Erdnußkuchen (Bungkil), zu tiefes Pflanzen bzw. zu hohes Anerden, zu frühe oder zu späte Pflanzung und endlich Parasiten. Von letzteren kommen Nematoden, Fadenpilze und Bakterien in Betracht.

Nun widersprechen die Untersuchungen des einen Forschers denjenigen eines anderen. So gibt beispielsweise Krüger an, daß er als steten Begleiter der Krankheit Bakterien in den Gefäßen gefunden habe, während Tschirch[3]) die Bakterien als Krankheitsursache für ausgeschlossen hält und die ersten Anfänge in einer Wurzelverletzung erblickt. Benecke[4])

---

[1]) Busse, Walter, Untersuchungen über die Krankheiten der Sorghum-Hirse. Arb. d. Biol. Abt. f. Land- u. Forstw. am Kaiserl. Gesundheitsamte IV (1904), Heft 4, S. 319.

[2]) Cobb, N. A., Fungus Maladies of the Sugar Cane. Rep. Exp. Stat. of the Hawaijan Sugar Planters' Association. Bull. 5, Honolulu 1906, Pl. 1, p. 218.

[3]) Tschirch, A., Über Sereh, die wichtigste aller Krankheiten des Zuckerrohres in Java. Schweiz. Wochenschrift f. Pharmazie 1891.

[4]) Benecke, Franz, Proefnemingen ter Bestrijding der „Sereh". Samarang 1890. Weitere Abhandlungen desselben Autors siehe Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1891, S. 354, 361.

steht auf der Seite von Krüger; Möbius[1]) wendet sich gegen die Behauptung einer vorliegenden Degeneration und sucht die Ursache auch in parasitären Organismen. Ohl[2]) sieht die Ursache der Serehkrankheit und der Blattfallkrankheit des Kaffeebaumes in Java in der Entwaldung der Berge und der daraus hervorgehenden Trockenheit. Ebenfalls auf Wassermangel führt Janse[3]) die Krankheit zurück insofern, als er glaubt, daß die gummiartige Verstopfung der Gefäße die Leitung behindert. Die Bildung der gummiartigen Substanz bringt er mit Bakterien in Verbindung (*Bacillus Sacchari*). Went[4]) betrachtet die Sereh direkt als eine Gummose, die durch das Zusammenwirken einer parasitären Wurzel- und Blattscheidenerkrankung zustande kommt und sich durch Stecklinge fortpflanzt.

Als nichtparasitäre Gummose faßt Wakker[5]) die Krankheit auf, die damit zusammenhängt, daß die während der trockenen Monsuns entwickelten Stecklinge in der folgenden Regenzeit Wasserüberschuß bekommen.

So wogt der Kampf der Meinungen bis in die neuere Zeit fort[6]), ohne daß er zu positiver Einigung geführt hätte. Der Grund ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß die bei der Serehkrankheit angegebenen Merkmale auch bei anderen Krankheitserscheinungen vorkommen, wie beispielsweise der folgende Abschnitt zeigen wird, und daß daher verschiedene Untersucher auch verschiedene Krankheitsformen unter den Händen gehabt haben dürften.

Von den positiven Ergebnissen heben wir einige Tatsachen heraus, nämlich, daß gesundes Rohr mitten in serehkranken Pflanzungen sich gesund erhalten kann, und daß zweitens krankes Rohr in gesunden Feldern krank bleibt. Es kommt ferner hinzu, daß manchmal tiefe Feldränder zuerst oder allein erkrankt sich zeigen, und daß das stark zur Erkrankung neigende Cheribon-Rohr im Gebirge angepflanzt gesunde Stecklinge ergeben hat. Bekannt ist außerdem, daß einzelne Varietäten nahezu immun, andere sehr hinfällig sind. Ja, Stecklinge derselben Varietät aus serehfreien Örtlichkeiten halten sich auch in infizierten Gegenden zunächst gesund. Daraus geht hervor, daß die Krankheit schwerlich parasitär ist, sondern in die Gruppe der Gummosen fällt. Es wird dabei gar nicht bestritten, daß auch bakteriöse Gummosezustände bei der Sereh existieren, ähnlich wie bei der Schwanzfäule unserer Zuckerrüben, aber auch diese Formen hängen von gewissen Schwächezuständen des Pflanzenleibes ab, die wir als Verschiebungen der enzymatischen Funktionen bezeichnen.

Wir erblicken in der rücksichtslosen Kultur des Zuckerrohres bei gesteigerter Dünger- und Wasserzufuhr auf schwerem Boden in geschlossenen

---

[1]) Möbius, M., Over de gevolgen van voortdurende vermenigvuldiging der Phanerogamen langs geslachteloosen weg. Mededeelingen van het Proefstation „Midden Java" te Samarang. 1890.

[2]) Ohl, A. E., Eene Waterstudie. Batavia 1891; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. I (1891), S. 365.

[3]) Benecke, F., „Sereh". Mededeel. Proefst. Midden-Java V, 6 (1892); vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. III (1893), S. 238.

[4]) Went, F. A., Die Serehkrankheit. Ebendort XIV, XV (1893), 1 Taf.; vgl. auch Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. IV (1894), S. 235, und 1901, S. 297.

[5]) Wakker, J. H., De Sereh-Ziekte S. A. Archief voor de Java-Suikerindustrie, 1897; Afl. 3.

[6]) Hein, A. S. A., Hypothesen en Ervaring omtrent de Sereh ziekte. De Indische Mercuur. Amsterdam 1905; vgl. Jahresber. f. Pflanzenkrankh. v. Hollrung, VIII (1906), S. 245.

Lagen usw. die Ursache, daß das Rohr nicht genügend ausreifen, d. h. Reservestoffe, also hier Rohrzucker ablagern kann. Tatsächlich ist der Rückgang im Zuckergehalt bei der Sereh ungemein groß.

Wir sind nicht in der Lage, den Vorgang zu präzisieren, der den Mangel an Reservestoffen veranlaßt. Es ist aber für die Beurteilung der Krankheit gleichgültig, ob dabei ein Überschuß abbauender oder eine Lähmung aufbauender Enzyme vorhanden ist. Die Stoffwechselvorgänge, welche zu diesem Rohrzuckermangel führen, sind natürlich in der ganzen Pflanze vorhanden, gleichviel, wo sie sich symptomatisch geltend machen. Also jeder kleinste Teil des kranken Rohres, auch wenn er keine Symptome von Sereh erkennen läßt, ist tatsächlich prädisponiert und enthält eben die abwegigen Stoffwechselvorgänge. Mithin ist jeder Bibit (Steckling) einer serehkranken Pflanze ein Todeskandidat, sobald er in Verhältnisse kommt, welche der Krankheit günstig sind; er heilt sich aber aus und kommt zu normaler Enzymtätigkeit zurück auf Ländereien, wo Sereh nicht zum Ausbruch kommt.

Daraus ergibt sich als bestes Mittel die Auswahl serehfester Sorten oder wenigstens die Anzucht von Bibits in freien Gebirgslagen und sonstigen Örtlichkeiten, welche die Krankheit nicht aufkommen lassen. Wahrscheinlich wird eine Kulturänderung in der Richtung, daß nur schwache Düngungen und lockerer Boden sowie freie Lagen zur Rohrkultur zur Verwendung kommen, auch in ausgesprochenen Krankheitsherden die Sereh zum Stillstand kommen lassen.

Wir glauben, daß auch die als Rotze des Zuckerrohrs beschriebenen Krankheiten hierher gehören. Desgleichen ziehen wir hierher die von Spegazzini[1]) beschriebene Pulverkrankheit, die auch mit roten Flecken und Gummiausscheidung auftritt, aber sich durch unangenehmen Geruch bemerkbar macht. Es leidet namentlich die Stengelbasis. Aus dem Gummischleim ließ sich der schon erwähnte *Bacillus Sacchari* isolieren, der einen sauren Nährboden braucht und eine Eiweißfäulnis hervorruft, welche die Veranlassung zu dem ekelhaften Geruch des kranken Rohres gibt. Dieselbe Krankheit kommt auch bei *Andropogon* (*Sorgum*) *nutans* vor. Betreffs des Zustandekommens der Rotfärbung der Gefäßbündel und des Gummis beim Zuckerrohr durch Mikroorganismen ist eine Arbeit von Greig Smith[2]) von besonderer Wichtigkeit. Er fand rote Gefäßbündel sowohl an sonst gesundem Rohr als auch an den von *Bacillus vascularum* gummos gewordenen Stengeln. Die rote Färbung war durch die Ausfüllung der großen Gefäße durch ein rotes Gummi entstanden, wie bei der Sereh- und anderen Zuckerrohrkrankheiten. Er fand ferner einen Fadenpilz, der auf Nährmedien mit Dextrose eine glänzende, hoch scharlachrote Färbung, aber kein Gummi erzeugte und in den erkrankten Gefäßen Gummibakterien, nämlich *Bacillus pseudarabinus*, *Bact. Sacchari* („diese Art bewohnt normalerweise das Zuckerrohr") und außerdem *Bact. vascularum*. Auf Platten von Nähragar mit Lävulose produzierte der Pilz keinen Farbstoff, aber in Kombination mit *Bact. pseudarabinus* wurde ein leuchtend scharlachroter, mit *Bact. Sacchari* ein rostbrauner erzeugt.

---

[1]) Spegazzini, La gangrena humida o polvillo de la canna de zucchero. Rivista azucarera 1895.

[2]) Smith, Greig R., Sidney. Bakteriolog. Laboratorium der Linnean Soc. of New South Wales. Centralbl. f. Bakt. usw., XV (1906), Nr. 25, S. 733.

Aus diesen Beispielen ersieht man, wie die Beschaffenheit des Mutterbodens die parasitäre Tätigkeit zu modifizieren imstande ist und auf welche Weise daher wechselnde Krankheitsbilder entstehen. Vorbedingung für das Zustandekommen der Krankheit ist aber eine Abwegigkeit der normalen Stoffwechselvorgänge im bisher gesunden Rohre, welche die Vermehrung von (wahrscheinlich stets vorhandenen) Bakterien begünstigt und die bei den verschieden empfänglichen Rohrsorten bald früher, bald später eintritt, bei den immunen Sorten aber unterbleibt.

Die Cobbsche Zuckerrohrkrankheit.

Nach Erwin Smith[1]) hat die Serehkrankheit viel Ähnlichkeit mit der von ihm beschriebenen Cobbschen Krankheit des Zuckerrohres in Australien (und wahrscheinlich auch auf Mauritius, Java und Brasilien). Die letztere charakterisiert sich auch durch Zwerghaftigkeit des Wuchses, Verkürzung der Internodien, Albicatio, vorzeitiges Aussprossen der Knospen und Fortpflanzung durch infizierte Stecklinge. Sie unterscheidet sich aber wesentlich dadurch, daß das Herz des Rohrstengels rotzig wird, und daß beständig in den (blutroten) Bündeln des Stammes massenhaft ein gelber Schleim (gum) auftritt. Durch sorgfältige Impfversuche ist nachgewiesen, daß die Ursache der Erkrankung *Pseudomonas* (*Bacillus vascularum* ist[2]).

Die Rotfärbung der Bündel (entsprechend der Braunfärbung bei anderen bakteriösen Gummosen) hält S. für eine Reaktion der Pflanze. Nach Prinsen Geerlings existiert in der Zellulose des normalen Zuckerrohres ein neutraler, schwer löslicher ungefärbter Stoff, welcher bei Einwirkung von Alkali ins Gelbe übergeht (wie Gerbstoffe, Ref.), aber bei Durchlüftung rot und später braun wird.

Das interessante Resultat ist der Nachweis, daß bestimmte Rohrvarietäten (Common Green Cane) bei Impfversuchen eine außerordentlich große Empfänglichkeit zeigten, während andere Varietäten (z. B. Common Purple Cane) nur ganz leicht erkrankten. Letztere zeigten nahezu den doppelten Säuregehalt des Saftes, und Smith vermutet, daß die hohe Empfänglichkeit für den Parasiten „nur auf der schwachen Azidität oder dem minimalen Auftreten einer spezifisch hindernden Säure“ beruht. Cobb berichtet, daß dort, wo solche wiederstandsfähigen Sorten angebaut wurden, die Krankheit verschwunden sei.

Zu derselben Krankheitsgruppe gehört die von Sorauer als „bakteriöse Gummosis“ beschriebene, später als „Rübenschwanzfäule“ bekanntgewordene Krankheit der Zuckerrüben (s. II. Teil des Handbuches). Soweit Versuche erkennen lassen, gelangen die Bakterien nur dann zur epidemischen Ausbreitung, wenn bei reicher Stickstoffdüngung anhaltende Hitze und Trockenheit die Vegetation der Rüben schwächen. Tritt bei derselben Überdüngung feuchtes Wetter ein, geht zwar der Zuckerertrag bedeutend zurück, aber bakteriöse Gummosis bleibt aus[3]).

---

[1]) Smith, Erwin, Ursache der Cobbschen Krankheit des Zuckerrohres. Centralbl. f. Bakteriologie usw. XIII (1904), Heft 22/23.

[2]) Vgl. auch Kunkel, L. O., A possible causative agent for the mosaik disease of corn. Bull. Exper. Stat. Hawaian Sugar Planters Assoc. 1921, III, No. 1, mit 12 Taf. — Verf. glaubt als Erreger der Mosaikkrankheit des Maises Parasiten (Mikroben) annehmen zu sollen.

[3]) Siehe Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. II (1892), S. 280, 1896, S. 296 u. 1897, S. 66. — Blätter f. Zuckerrübenbau 1894, S. 1.

Peach Yellow.

Seit 1887 ist eine Krankheit der Pfirsiche in den Ver. Staaten von Nordamerika dem ernsteren Studium unterzogen worden, welche den ausgedehnten Kulturen ungemein großen Schaden zufügt. Es handelt sich um eine durch Veredlung übertragbare Gelbsucht[1]). Dadurch unterscheidet sich diese Gelblaubigkeit von den ähnlichen, durch Nährstoffmangel, Frost usw. veranlaßten Erscheinungen. Bei der Krankheit, die seit zwanzig Jahren in steter Zunahme begriffen ist und in manchen Landschaften (Delaware und Chesapeake Region) den Pfirsichbau unlohnend gemacht hat, gilt als charakteristisch zunächst eine eigenartige Rotfleckigkeit und vorzeitige Reife der Früchte. Hierzu kommt die vorzeitige Entwicklung der Winterknospen und reichliche Proventiv- und Adventivaugenausbildung. Also krankhafte Verzweigung wie bei der Sereh. Während die bisweilen auch im Fleisch rotstreifigen Früchte im ersten Jahre noch normale Größe haben, verkleinern sie sich in den folgenden Erkrankungsjahren und werden geschmacklos oder gar bitter. Die Erscheinung ist zunächst auf einige Äste beschränkt, breitet sich aber allmählich über den ganzen Baum aus. Dabei fängt das Laub an stellenweise gelbgrün zu werden, und schwächliche, bleiche Sprosse brechen aus der Rinde hervor. Die nächste Frühjahrsbelaubung tritt dann schon gelb oder rötlichgrün heraus; die neuen Triebe verbutten, und ihre Blätter rollen und verkrümmen sich. Bisweilen zeigen alle gesunden schlanken Triebe plötzlich an der Spitze eine sich fortwährend wiederholende Bildung von immer schwächlicher werdenden Seitenachsen, und es entstehen (meist im Herbst) ganze Sproßnester. Früher oder später tritt der Tod ein. Bei Okulation von gesunden Augen erkrankter Bäume zeigte sich ein großer Prozentsatz der Okulanten erkrankt, und zwar nicht bloß der aus dem Auge sich entwickelnde Trieb, sondern auch die Unterlage, ähnlich der Panachierung in der Albicatio.

Zunächst als eine Varietät der geschilderten Krankheit galt die Rosettenkrankheit (Peachrosette), die auch an Pflaumen auftritt und nunmehr von Smith als besondere Krankheit angesprochen wird. Ihr Verlauf ist ungemein schnell, so daß schon in demselben oder spätestens im folgenden Jahre der Tod eintritt. Auch hier entstehen Blattrosetten durch auffällig reichliche Entwicklung schlafender Augen und Aussprossung normaler Seitentriebe, die aber kaum ein Sechstel der Länge gesunder Triebe erreichen und sofort wieder Seitensprosse entwickeln, die wiederum sich verzweigen. Solche Zweignester enthalten manchmal 200—400 kleine Blättchen und mißgestaltete Nebenblätter. An der Basis der Triebe sind die Blätter größer und besser ausgebildet, aber eigentümlich an den Rändern eingerollt und durch eine gewisse Starrheit der Mittelrippe auffällig steif. Diese Blätter werden schon im Frühsommer gelb und fallen ab; im Laufe des Sommers trocknen die ganzen Rosetten ein. Die Blumen an den erkrankten Trieben entwickeln sich hier aber nicht früher, sondern eher etwas später als bei den gesunden; dagegen fallen die gummos werdenden Früchte ab, wenn sie noch grün sind, und zeigen niemals die roten Flecke wie bei der Peach-Yellow-Krankheit. In beiden Krankheiten erweisen sich

---

[1]) Smith, E. F., in Report of the chief of the Section of Vegetable Pathology. Washington 1890. — Smith, Erwin F., Additional evidence on the communicability of peach yellows and peach rosette. Washington 1891, Bull. 1.

die feinen Seitenwurzeln geschrumpft und abgestorben, und die Rosettenkrankheit ist vielfach mit reichlichen Gummiherden vergesellschaftet gefunden worden. Auch die Rosettenkrankheit ist durch Okulation auf die Unterlage übertragbar. Nur entwickeln sich in der Regel viel mehr normale Seitenaugen an einem Zweige zu Rosetten, und dadurch wird die Büschelbildung eine dichtere als bei der Peach Yellow.

Betreffs der Ursache sind die Meinungen geteilt; doch kommt hier die Bakterientheorie weniger zum Ausdruck, nachdem anerkannt worden ist, daß Myzel und Bakterien in vielen Fällen nicht zu finden gewesen sind. Man kommt also hier viel allgemeiner zu der Anschauung, daß es sich um eine Konstitutionskrankheit handelt, bei der die abwegigen Stoffgruppen, wie bei der Albicatio und der Mosaikkrankheit, sich durch Veredlung übertragen lassen; hier ist sogar die Übertragung durch den Pollen wahrscheinlich, da Morse[1]) beobachtet hat, daß von drei Pfirsichsorten zwei erkrankten, eine dritte aber, White Magdalene, gesund blieb. Diese ließ sich mit anderen nicht kreuzen.

Oben S. 875 ist eine im Kaplande in Südafrika aufgetretene, von Marloth eingehend studierte Krankheit beschrieben, die sicherlich wenigstens dem äußeren Bilde nach mit den hier beschriebenen große Ähnlichkeit besitzt. Wie a. a. O. bemerkt, glaubt aber Marloth die Ursache im Salzgehalt des Bodens gefunden zu haben[2]).

Von den außerordentlich zahlreichen praktischen Versuchen, die namentlich Smith[3]) angestellt hat, kann als Resultat nur gemeldet werden, daß dadurch kein Hinweis auf die Ursache erlangt worden ist. Nährstoffmangel und -überschuß können in gewöhnlichen Jahren nicht als Grund einer Erkrankung angesehen werden; doch läßt sich beobachten, daß regenreiche und kühle Sommer eine Abnahme, große Trockenperioden eine Zunahme der Erkrankungen zeigen. Bei der Rosettenkrankheit wurde durch Veredlung auf Mariannenpflaume anscheinend ein Schutzmittel gefunden, da die vom kranken Pfirsich stammenden Augen sich zu gesunden Trieben entwickelten. Infektionsversuche mit etwa 20 verschiedenen Bakterien- und Hefearten aus dem Gewebe kranker Pfirsiche zeigten keinen anderen Erfolg, als daß in einigen Fällen an der Impfstelle Anschwellungen oder Gummifluß entstanden[4]).

Später wurde die Krankheit noch von Clinton[5]) in Connecticut studiert, der die Gelbsucht ebenso wie den Gummifluß usw. auf abnorme Witterungsverhältnisse zurückführen möchte, jedenfalls glaubt er einen offenbaren Zusammenhang zwischen ungewöhnlich starkem Auftreten der Gelbsucht und abnormen Witterungsverhältnissen beobachtet zu haben. Clinton vertritt die Anschauung, daß durch die Ungunst der Witterung Frostschäden und auch eventuell starke Trockenheit Enzyme gebildet werden, die durch Zersetzung des Chlorophylls die Gelbsucht veranlassen. Sind die Enzyme erst einmal zur Ausbildung gelangt, so können sie sich

[1]) Morse, E. W., On the power of some peach trees to resist the disease called „yellows". Bull. Bussey Institution, Cambridge 1901, III, 1; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XII (1912), S. 58. — [2]) Marloth, R., Investigations into the causes of the clorotic condition of fruit trees. 29. Bull. Dep. of agric. Un. of S.-Africa (1924) erschien während der letzten Korrektur. M. erwähnt jetzt auch die Ähnlichkeit mit Peach Yellow. — [3]) Smith, E. F., Experiments with fertilizers etc. Bull. 4. Div. veg. path. U. S. Dep. Agric. Wash. 1893, 33 Taf.: vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkr. IV (1894), S. 177. — [4]) Smith, E. F., Additional notes on peach rosette. The Journal of Mycology VII, Nr. 3, 1893. — [5]) Clinton, P., Peach yellows and so called yellows; Rep. Connect. Agric. Exp. Stat. 1908.

in der bekannten Weise ausbreiten und eben auch ansteckend wirken. Es sind nach Clinton öfter ähnliche Erscheinungen, da aber die charakteristischen Bilder, wie z. B. Rotstreifigkeit des Fruchtfleisches nicht zeigen, für Gelbsucht gehalten worden, daher auch oft die widersprechenden Angaben.

Cook[1]) fand, daß bei Peach Yellows und Little Peach, die beide sehr ähnlich sind, die Erscheinung (besonders bei der ersteren) eintritt, daß nachts und morgens in den Stengeln und Blättern ebensoviel oder mehr Stärke vorhanden ist als nachmittags. Es handelt sich also um eine schwere Störung des Stofftransportes ähnlich der Blattrollkrankheit der Kartoffel usw. (vgl. Stärkeschoppung).

Mandelbäume leiden von beiden Krankheiten, von der Gelbsucht auch die Aprikosen und die japanische Pflaume[2]).

Unserer Anschauung nach handelt es sich hier auch um Schäden, die durch intensive Kultur und Nichtberücksichtigung der Bodenansprüche des Pfirsichbaumes hervorgebracht werden. Alle schweren und sehr dungreichen Böden sind dem Pfirsich für die Dauer gefährlich. Anbau auf lockeren Bodenarten und freier Standort dürften bei der Bekämpfung in erster Linie zu berücksichtigen sein.

c) Gummosen[3]).

Der Gummifluß der Steinobstgehölze.

Der Gummifluß ist als eine weitverbreitete Erscheinung, namentlich in der Familie der Steinobstgehölze, bekannt, die durch sehr verschiedenartige Ursachen hervorgerufen werden kann. Oben S. 875 ist das von Marloth beobachtete Pfirsichsterben im Kaplande beschrieben, welches gleichfalls unter stellenweise starker Gummientwicklung vor sich geht (vgl. auch S. 944), von Marloth aber als Folge von Ansammlung von Chloriden gedeutet wird.

Hauptsächlich sind es bei uns die Kirschen und Pfirsiche, welche am häufigsten an Gummifluß leiden. Wir sehen bald hellgelbe, durchsichtige, bald braune, trübe, feste Massen über einen Teil der Rinde eines Zweiges oder Stammes ergossen. Diese Massen sind in kochendem Wasser löslich, in Weingeist unlöslich, unkristallisierbar, geben mit verdünnter Schwefelsäure gekocht einen gärungsfähigen Zucker und liefern, mit Salpetersäure behandelt, Schleimsäure, sind also ein Glied jener Gruppe, welche die organische Chemie mit Gummi bezeichnet. Je nach ihrer Quellbarkeit im Wasser hat man verschiedene Arten von Gummi unterschieden; das in kaltem Wasser vollständig lösliche Gummi hat man als Arabin eingeführt, das die Eigenschaften einer Säure hat[4]); das in Wasser zu einer klebenden Gallerte aufquellende Tragantgummi ist ein Repräsentant der Bassoringruppe, und als Cerasin wurde die Modifikation des Bassorin angesprochen, die in kochendem Wasser löslich ist. Das Gummi der Kirschen

[1]) Cook, M. F., Peach Yellows and Little Peach Botan. Gazette LXXII (1921), S. 250 bis 255; vgl. Matouschek. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXXIII (1923), S. 36.

[2]) Smith, E., Peach yellows etc. U. S. Dep. Agr., Farm. Bull. 17. Wash.; vgl. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VI (1896), S. 156.

[3]) Vgl. auch Trecul, Sur la maladie de la gomme. Compt. rend. (1860), S. 621. — Frank, A. B., Krankh. d. Pfl., S. 85ff. — Über die als unvollkommene Gummose gedeutete Wisakrankheit der Birke vgl. die S. 379, Fußn. 7.

[4]) Czapek, Fr., Biochemie d. Pflanzen. Leipzig 1905. I, S. 554.

und Pflaumen ist ein Gemisch von Arabin und Cerasin. Wir dürfen annehmen, daß das bei der Gummose gebildete Gummi je nach der Zeit seiner Entstehung und je nach Charakter der Gewebe, aus denen es entsteht, in seiner Zusammensetzung wechselt. Es dürfte Verwandtschaft mit den Pektinsubstanzen besitzen. Das arabische Gummi trägt den Charakter eines organischen Kalksalzes.

Den besten Einblick in das Wesen der Krankheit erlangen wir bei Betrachtung eines jungen, stark gummosen Kirschenzweiges, wie er in Abb. 265, *1* und *2* dargestellt wird. Hier zeigen sich zunächst mitten im normalen Holzkörper einzelne Gefäße, welche gänzlich mit Gummi angefüllt sind (Abb. 265, *2a*), und zwar hat sich dasselbe zum Teil schon aus der sekundären Gefäßmembran gebildet. Durch Behandlung mit Salzsäure, welche die Holzzellen- und Gefäßwandungen sowie die eigentlichen Bastzellen leuchtend kaminrot färbt, erkennt man den Übergang der noch roten Gefäßwand in das gelbe, hier tropfenförmig aufsitzende Gummi sehr leicht. Diese Erscheinung ist häufig nur Vorläufer oder Begleiter einer viel tiefer eingreifenden Gummibildung, wodurch große Gummidrusen im Holz und in der Rinde entstehen.

Schon an einjährigen Zweigen gelingt es, die ersten Spuren des Gummiflusses zu entdecken. Bei Durchmusterung von Querschnitten jugendlicher Zweige, an denen sich die Gummosis nur durch Auftreten eines äußerst kleinen, schwarzen Punktes dem bloßen Auge kenntlich macht, zeigen sich bisweilen hellere Stellen im Holzkörper, die bei genauer Untersuchung aus parenchymatischen anstatt aus prosenchymatischen Zellen zusammengesetzt sind. Dieses abnorme Holzparenchym (Abb. 265, *2p*) ist meist von dem normalen Holzkörper eingeschlossen, der es auch vom Kambium (*2c*) abgrenzt. In der Regel sind diese helleren Stellen, welche parallel der Peripherie und meist getrennt durch dünne, radiale Streifen normalen Holzes nebeneinander gelagert sind, in verschiedenen Entwicklungsstadien. Einige sind vollständig unversehrt, andere zeigen bereits die Zellen in der Mitte zu Gummi umgewandelt; in einzelnen Fällen ist schon das ganze abnorme Parenchym und ebenso das feste, normale Holz in vollständigem Übergange zu Gummi (Abb. 265, *2d*). Es wird dabei die Interzellularsubstanz zuerst aufgelöst; dann folgt die primäre und endlich die sekundäre Membran der Gefäße und Holzzellen. In solchen größeren Gummilücken tritt ein eigentümlicher Vorgang von Wachstum einzelner Zellelemente neben der gleichzeitigen Auflösung der übrigen ein. Während nämlich die Holzzellen und Gefäße der Gummifizierung unterliegen, wachsen zunächst einzelne Markstrahlzellen etwas in die Länge; die Stärke, welche sie enthalten, wird aufgelöst; in einigen bemerkt man hier und da zwei neue Zellen, die sich in divergierenden Richtungen verlängern. Die mehr nach innen liegenden, vom Gummiherde etwas entfernteren Markstrahlzellen runden sich ab und verlängern sich ebenfalls, und so entstehen zahlreiche Fäden, welche Ähnlichkeit mit manchen Algen (*Trentepohlia*) haben (Abb. 265, *m*), und welche frei in die Gummimasse hineinwachsen. Allmählich verfallen auch diese Fäden der Gummosis; auch sie werden von außen nach innen aufgelöst, was jedoch nicht in bestimmter Reihenfolge stattfindet. Manchmal sieht man die Zellen an der Spitze des Fadens bis auf einen dünnen Überrest der Wandung verflüssigt; in anderen Fällen sind Zellen an der Basis aufgelöst, und es liegt dann das frei gewordene Fadenstück isoliert in der Gummimasse.



Abb. 265. Einjähriger Zweig einer Süßkirsche mit ausgebildeter Gummidruse und parenchymatischen Gewebegruppen im gesunden Holzkörper. (Orig. Sorauer.)

Ganz ähnliche Vorgänge zeigen sich in der Rinde, deren dickwandige Bastzellen (Abb. 265, *b*) sehr leicht der Gummosis unterliegen. Die Gummiherde sind in der Rinde häufiger anzutreffen als im Holze; in seltenen Fällen hat Sorauer die ersten Anfänge nur im Kambium selbst gefunden, und zwar bei Pfirsich mehr als bei Kirsche.

Wo aber auch immer die ersten Anfänge sich zeigen mögen, stets ist das Übel bei weiterem Umsichgreifen gefährlich. Im Holz entstandene Gummifizierung teilt sich bald dem Kambium und der Rinde mit; bei größerer Ausdehnung in der Rinde, die wohl den größten Teil des nach außen tretenden Gummis liefern mag, bleibt für die Folge auch das Kambium nicht unversehrt. Die Behauptung, daß die Gummose stets im Kambium beginne, ist nur dann richtig, wenn damit die Anlage unvollkommen ausgebildeter Zellen, die später der Schmelzung verfallen, gemeint ist. Der Verflüssigungsprozeß selbst kann an jeder Stelle der Achse und viel später beginnen, als die Anlage dieser Gewebe stattgefunden hat. Daher sehen wir Gummilücken mitten im Holzkörper.

Das Endresultat ist im wesentlichen dasselbe. An einer Stelle des Stammumfanges ist schließlich das Kambium vernichtet und der schon gebildete Holzkörper mehr oder minder krank. Eine sich weiter ausbreitende Wunde ist vorhanden; dieselbe ist aber äußerlich nicht immer kenntlich; denn nicht immer wird eine kranke Stelle durch nach außen getretenes Gummi bezeichnet. Selten oder doch erst sehr spät tritt Gummi nach außen, wenn das Kambium zuerst von der Gummosis ergriffen ist. Es stirbt dann das feste, vorher gebildete Holz nur langsam ab, und zwar allmählich mehr nach der Tiefe des Stammes, nach dem Markkörper (Abb. 265, *2k*) hin als in der Richtung des Stammumfanges, was von den gleichzeitig mit der Krankheit auftretenden Überwallungsbestrebungen herkommt. Ein Fall, der in der Zeichnung (Abb. 265, *1g*) dargestellt worden ist und nicht selten vorkommt, besteht darin, daß der Rindenkörper mit Ausnahme einiger Bastbündel über dem gummosen Holze nicht aufgelöst wird, sondern zusammentrocknet. Dort ist der in der Abb. 265, *2* mit *W* markierte Raum durch die Rindenelemente (Abb. *2r*) überspannt. Die Gummibildung ist dann keine sehr reiche; aber um so reicher tritt das Streben des Baumes hervor, die Wunde zu heilen, was am einjährigen Zweige schon deutlich wahrnehmbar wird. Abb. 265, *1*, die einen älteren gummosen Stammteil darstellt, zeigt in *u* die mehrjährigen Überwallungsversuche des Baumes; *a* ist ein abgehender Zweig.

Reichlichere Holz- und Rindenbildung an den der Wunde zunächst liegenden gesunden Stammteilen (Abb. 265, *2h*) machen den Stamm an der Wundseite dicker als an der gesunden Seite *l'* und ober- und unterhalb der Wunde. Wenn die Rinde über der Wunde erhalten bleibt, heben die Überwallungsränder (Abb. 265, *u*) die trockene Rinde von dem kranken Holzkörper ab, und es bildet sich auf diese Weise eine Höhle, deren hintere Wand von dem der Gummose teilweise anheimfallenden Holz- und Markkörper, deren vordere Wand von der vertrockneten (in unserer Abbildung nicht gezeichneten) Rinde und deren Seiten von den frischen Überwallungsrändern *u u* gebildet werden. Die dadurch entstehende Höhle ist ein Aufenthalt von Insekten und Pilzen.

Aber auch die neugebildeten Überwallungsränder bleiben selten intakt. In den meisten Fällen sieht man in dem üppig entwickelten neuen Gewebe kleine Gummiherde (Abb. 265, *2d'*). Zwar sucht die lebendige Rinde die

kranke Stelle durch Schichten von Lederkork einzuschließen, allein eine Heilung hat man nicht bemerken können. Durch dieses Auftreten neuer Gummiherde im Überwallungsgewebe erklärt sich das schwere Schließen der Wunde.

Aus der Betrachtung des abgebildeten gummösen Kirschenzweiges haben wir folgende Punkte hervorzuheben: 1. die Entstehung parenchymatischer Gewebegruppen zwischen den Prosenchymelementen des Holzkörpers; 2. die Lage dieser Gruppen zwischen zwei Markstrahlen, welche um diese Parenchymnester herumbiegen können und (seltener) sich auch an deren Bildung zu beteiligen vermögen; 3. die Entstehung dieser Gruppen unabhängig von Wunden; 4. die Schmelzung dieser Gewebenester zu Gummilücken, in welche die resistenten Markstrahlzellen fadenartig hineinwachsen. Letzterer Umstand erklärt sich dadurch, daß in derselben kambialen Ringzone eines Zweiges oder Stammes die Markstrahlzellen dem zwischen ihnen liegenden Gewebe in der Entwicklung vorauseilen, also radial schon weiter in den Rindenkörper hinein verlängert sind und als Schwellgewebe funktionieren. Zur Zeit des Anfangs des Schmelzungsprozesses sind somit die Markstrahlzellen derber und widerstandsfähiger, und dadurch entstehen bei der nicht durch Wunden veranlaßten Gummosis die ersten Gummiherde als Lücken zwischen zwei Markstrahlen.

Die neueren Erklärungsversuche über das Zustandekommen des Gummiflusses — über die älteren Anschauungen vergleiche man die zweite Auflage dieses Handbuchs — gehen von den Erscheinungen der Verwundung aus. In einer sehr ausführlichen Arbeit behaupten Beijerinck und Rant[1]), daß der Gummifluß „auf einer durch Wundreiz verursachten abnormen Entwicklung des embryonalen Holzgewebes“ beruhte.

Beijerinck stellt sich die Sache so vor: Die normale Pflanze bildet zytolytische Substanzen, welche sich an der Gefäß- und Tracheidenbildung beteiligen. Das dabei erzeugte physiologische Gummi wird zwar gewöhnlich gänzlich resorbiert, bleibt jedoch unter Umständen als solches selbst in der Höhlung der erwachsenen Gefäße nachweisbar. Der „Gummifluß beruht nun auf abnormer Steigerung der Wirkung jener zytolytischen Substanzen unter dem Einfluß absterbender Zellen, vielleicht dadurch, daß bei der Nekrobiose eine besonders große Menge davon erzeugt wird. Unter Nekrobiose ist die Zelltätigkeit zu verstehen, nach Tötung des Protoplasma, aber bei dem Aktivbleiben der enzymartigen Körper“ (S. 929).

Gegen diese Anschauung wendet sich Ruhland[2]), der zunächst darauf aufmerksam macht, daß Gummifikation in Samen, Früchten[3]), Blättern und, worauf er besonders Gewicht legt, auch im Phellogen stattfinden kann. Er fand im jüngsten Phellogen bei *Prunus cerasus* bedeutende Gummi-

[1]) Beijerinck, M. W., und Rant, A., Wundreiz, Parasitismus und Gummifluß bei den Amygdalaceen. Centralbl. f. Bakteriol. usw. XV (1905), Nr. 12. — Rant, A., Die Gummosis der Amygdalaceen. Dissertation, Amsterdam 1906.

[2]) Ruhland, W., Zur Physiologie der Gummibildung bei den Amygdalaceen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XXV (1907), S. 302.

[3]) Besonders häufig kommt in nassen Jahren der Gummifluß bei den Früchten der Pflaumen zum Vorschein. In der Regel sind es wasserklare Gummitröpfchen, die an dem Fruchtfleisch aus Wunden, die von Insekten herrühren, hervortreten. Manchmal kann man keine Insektenverletzung erkennen; es sind dann härter gebliebene, meist etwas abgeflachte Stellen, welche ein Gummitröpfchen tragen. Im Innern der Frucht erkennt man unter der Abflachung einen größeren Gummiherd. Bei Pflaumen sieht man nicht selten auch Gummifikation des Steines an der Nahtfläche auftreten, so daß bei geringem Druck die Hälften auseinanderfielen.

massen und glaubt, daß es sich „bei der gummosen Auflösung um eine allgemeine Eigenschaft embryonaler Zellen handelt, die aber im normalen Leben nicht zur Auslösung kommt, sondern erst auf einen weiteren Anstoß hin". Ruhland untersuchte die abnormen Gewebegruppen, welche bei Entstehung des Gummikanals zu beobachten sind, und fand blasenartig vergrößerte Zellen mit zwei ausgebildeten Kernen, ohne daß zwischen ihnen eine Zellwand gebildet worden wäre. Der Vorgang wird durch Abb. 266 erläutert.

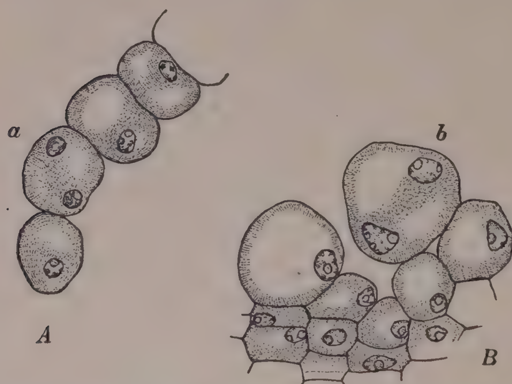


Abb. 266. Schnitte durch das gummibildende Gewebe (fixiert mit Chromessigsäure, gefärbt mit Safranin-Gentianaviolett-Orange-G.). (Nach Ruhland).
A ein konservenartiger Zellfaden, *B* eine junge Gummilücke; bei *a* und *b* je eine zweikernige Zelle.

Also die Zellfäden, welche in eine Gummidruse hineinragen, kommen dadurch zustande, daß, „eine nicht kranke, an der Basis des Fadens liegende Zelle sich wiederholt teilt, die entstehenden Tochterzellen aber nur noch sich vergrößern, ohne sich zu teilen". Es wird der normale Wandbildungsvorgang in den embryonalen Zellen gehemmt und die zur Querwandbildung bestimmten Kohlenhydrate in Gummisubstanzen übergeführt. Die Ursache dieser Änderung sei darin zu suchen, daß durch eine Verwundung die embryonalen Gewebe dem Sauerstoff der Luft zugänglich gemacht werden; die eigentlich zur Querwandbildung bestimmten Kohlenhydrate (also Pektine) werden dann in das sauerstoffreichere Gummi übergehen. Grüss[1]) erklärt sich die Oxydation durch O-Überträger, welche sich bei dem Austreiben im Gewebe bilden. Schon früher nahm Wiesner[2]) ein Ferment an, das, gleich der Diastase, die Guajakemulsion bläut und durch Kochen zerstört wird. Bei der Behandlung mit Orzin und Salzsäure tritt nach kurzem Kochen eine rote oder violette Färbung auf, und es scheidet sich ein blauer Niederschlag aus. Im Anfangsstadium der Gummose sieht man nur die Inhalte der Parenchymzellen sich derart färben, woraus zu schließen ist, daß das Ferment im Protoplasma seinen Sitz hat. Das Ferment ist im Gummi der Stein- und Kernobstbäume, in arabischen und anderen Gummiarten nachgewiesen worden. Daß die Sauerstoffzufuhr ein unbedingtes Erfordernis zu sein scheint, zeigen Ruhlands Versuche mit Sauerstoffabschluß, wobei die Entstehung von Gummiherden unterblieb.

Nach unserer Anschauung ist die Beijerinck-Rantsche Theorie von der Nekrobiose unhaltbar, da Gummosis ohne vorheriges Vorhandensein toter Zellen in ganz jungen Zweigen und einjährigen Sämlingspflanzen an solchen Stellen zu finden ist, die, wie bei Abb. 265, *2p*, noch intakte Zellennester darstellen. Also der Wundreiz kommt hier gar nicht ins Spiel. Wir

---

[1]) Grüss, Über Lösung und Bildung der aus Hemizellulose bestehenden Zellwände und ihre Beziehung zur Gummosis. Bibl. bot. Heft 39. Stuttgart 1896.

[2]) Wiesner, Über ein Ferment, welches in der Pflanze die Umwandlung der Zellulose in Gummi und Schleim bewirkt. Bot. Zeit. 1885, Nr. 37.

glauben vielmehr, daß alle embryonalen und ausgewachsenen Zellen zur Gummibildung befähigt sind, sobald gewisse Vorgänge der Zellwandbildung oder -ausbildung unterbleiben. Diese Verhinderung der normalen Zellwandausbildung kann sehr gut durch erhöhte Sauerstoffzufuhr veranlaßt werden. Der Sauerstoff wird aber nur bei Verwundungen der atmosphärische Sauerstoff direkt sein können, aber wahrscheinlich nur selten tatsächlich sein, sondern durch sauerstoffübertragende Substanzen geliefert werden, wie Grüss erklärt. Derartige Substanzen sind bei dem normalen Austreiben der Bäume vorhanden. Es handelt sich bei dem Gummifluß nur um eine abnorme Steigerung in der Menge oder der Wirkungsdauer derselben[1]). Diese Steigerung kann durch den Wundreiz stattfinden, sie kann auch durch verschiedene Parasiten hervorgerufen und endlich durch anorganische Gifte erzeugt werden. In letzterer Beziehung sind Sorauers Versuche über Einführung einer schwachen Oxalsäurelösung unter die Rinde ganz gesunder Kirschbäume zu erwähnen. Es entstanden profuse Gummiergüsse im Laufe des Sommers, welche allmählich durch das Erlöschen der Oxalsäurewirkung aufhörten und sich z. B. nicht auf Wunden fortsetzten, die statt der Oxalsäure nur destilliertes Wasser zugeführt erhalten hatten.

Betreffs der Art und Weise, in welcher Gummifluß sich entwickeln kann, legen wir die Anschauungen von Grüss (a. a. O.) zugrunde. Dieser Forscher kommt bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Hemizellulosen Mannan, Galaktan und Araban direkt oder indirekt als Reservestoffe angelegt werden. Direkt geschieht dies in Form von verdickten Zellwänden im Endosperm der Samen (*Phoenix*, *Phytelephas*) oder in Form von sekundären Verdickungsschichten in Libriform- oder Holzparenchymzellen (*Astragalus*-, *Prunus*-, *Acacia*-Arten u. a.). Als indirekte Reservestoffe können sie gelten, wenn sie, wie im Endosperm der Gramineen, die Zellwände der stärkeführenden Zellen zusammensetzen. Die Hemizellulosen Galaktan und Araban werden durch Enzyme in die Gummiarten Galaktin und Arabin übergeführt und können, noch bevor sie in die Zuckerarten Galaktose und Arabinose umgewandelt sind, im Gewebe wandern.

Nun sind die gummibildenden Sauerstoffüberträger in der Form von Enzymen, die bei dem Austreiben der Knospen entstehen, tatsächlich nachgewiesen, und zwar sind dieselben noch vor der Diastase vorhanden. Die letztere wird dann die Hemizellulosen oder deren Gummi lösen, wie dies Grüss bei dem Tragant nachgewiesen hat.

Werden derartige Enzyme im Übermaß erzeugt oder ihre Antikörper in zu geringem Maße entwickelt, dann verhindern sie bei den embryonalen Zellen die normale Ausbildung der Zellwand oder beginnen bei den fertigen Zellen des ausgewachsenen Holzes den Schmelzungsprozeß, so daß pathologische Gummiherde zustande kommen. Arbeiten von Grüss

---

[1]) Diese Substanzen sind in wechselnder Menge je nach Individuum, Standort, Jahreszeit usw. im Baume zu finden; daher erklärt sich der verschiedenartige Erfolg bei der Hervorrufung des Gummiflusses durch Verwundung. So sind beispielsweise nicht die jüngsten Zweigspitzen die gefährdetsten, sondern die Region, in der das Gewebe sich am meisten streckt, also die unterhalb der Gipfelregion. Betreffs des Einflusses der Baumseiten und Jahreszeiten fand Sorauer durch allmonatlich ausgeführte Einschnitte, daß die Zeit des späten Frühjahrs und die südlichen bis westlichen Baumseiten am förderlichsten für die Ausbildung der Gummose sind.

und Sorauer[1]) bestätigen diese Ansichten im wesentlichen, und es muß hier auf die betreffende Literatur verwiesen werden. Sorauer spricht die Ansicht aus, daß die Gummose ein Zustand lokaler Plethora, also einer Anhäufung protoplasmatischer Substanz ist.

Während Beijerinck und Rant, Ruhland und Mikosch in ihren Untersuchungen über die Gummosis der Steinobstgehölze die Erkrankung stets als Folgeerscheinung eines Wundreizes auffassen, vertreten Sorauer und Grüss die Anschauung, „daß der Wundreiz zwar eine häufig vorhandene Gelegenheitsursache, aber keineswegs die einzige Veranlassung der Erkrankung wäre", daß diese vielmehr als eine physiologische Störung aufzufassen sei, die auf einem relativen Übermaß der abbauenden gegenüber den aufbauenden Enzymen beruhe. In der vorliegenden Arbeit schildert Sorauer das Auftreten gummoser Gewebeherde im unverletzten Gewebe, während Grüss die Funktion der bei der Gummibildung in Betracht kommenden Enzyme darlegt.

In den Gipfelknospen kräftig entwickelter Süßkirschenwildlinge wurden in dem völlig gesunden Gewebe dicht unter dem Vegetationsscheitel die ersten Anfänge gummoser Entartung gefunden, und zwar teils in Gestalt wirklicher Lücken, teils als gebräunte Gewebezonen, in denen einzelne Zellen vergrößert und abgerundet erschienen. In etwas älteren Gewebeteilen fanden sich reichlichere Schmelzungsvorgänge; besonders auffallend erschienen jedoch die Bräunungen im Markkörper. In dem sonst gesunden Marke zeigten sich, schachbrettartig verteilt, braune Zellen, mit den verschiedensten Formen der Membranverquellung und -braunfärbung, welche in ihren Reaktionen mit den Anfangsstadien des Gummiflusses übereinstimmen. Die Bräunung der Zellen ging vom Zellinhalt aus und deutet auf ein Übermaß eines auch in der normalen Achse stets vorhandenen Enzyms hin. Die Untersuchungen gestatten den Schluß, daß sich in der Markbräunung die Neigung der Gewebe zu gummoser Erkrankung ausspreche, und daß ein erhöhter Säuregehalt in einzelnen Gewebegruppen dies Enzym zu gesteigerter Wirksamkeit gelangen lassen kann, so daß dort die koagulierenden Enzyme lahm gelegt werden und dadurch die hydrolisierenden die Oberhand gewinnen.

Nach den Untersuchungen von Grüss ist in dem frisch ausfließenden Kirschgummi eine Zytase enthalten, welche imstande ist, die sekundären Zellwandungen zu lösen. Die gequollene sekundäre Membran liefert das hauptsächlichste Material für das Gummi.

Das Substrat für die Zytase ist das im Herbstholz eingelagerte Galaktan. Im Frühjahr bei der Lösung der Reservestoffe entsteht aus dem Galaktan Gummi, das bei mangelhafter Ableitung, oder wenn durch Gerbstoffe die Wirkung der verzuckernden Diastase herabgesetzt wird, die Bildung von Gummilücken veranlassen kann, weil die Zytase weiter wirkt und schließlich die Grundsubstanz der sekundären und endlich auch der primären Membran angreift. Das aus dem Galaktan entstehende Gummi hat die Eigenschaft, mehr und mehr Enzym zu speichern. Das Galaktan wird bei der Bildung des Herbstholzes der sekundären Membran eingelagert, und zwar durch einen Kondensationsvorgang aus Galaktose, welche zu 0,5—0,6% im

[1]) Sorauer, P., Neue Theorie des Gummiflusses. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. XXV (1915), S. 71. — Grüss und Sorauer, Studien über den Gummifluß der Kirschen. Notizbl. Botan. Garten Mus. V (1910), S. 188—197. — Vgl. auch Rippel, Der biologische Abbau der pflanzlichen Zellmembran. Angew. Botanik I (1919), S. 83.

Zellsaft der kambialen Zellen enthalten war. Die Gummosis wird nach dieser Darstellung aus einem normalen Stoffwechselprozeß hergeleitet, bei dem beide Enzymgruppen, die koagulierenden sowie die hydrolisierenden zur Wirksamkeit gelangen, der aber durch irgendwelche äußere Ursachen, wie Ernährungsstörungen, Wundreiz oder Infektion, einen abnormen Verlauf nehmen kann.

Es ist gar nicht unwahrscheinlich, daß Oxalsäureüberschuß ähnlich der hydrolisierenden Schwefelsäure und anderen Mineralsäuren so wirkt wie die natürlich gebildeten Fermente und dadurch Gummifluß einleitet. Eine solche Steigerung der Oxalsäurewirkung kann entweder dadurch zustande kommen, daß sie reichlicher gebildet oder spärlicher durch Kalk gebunden wird. So macht beispielsweise Mikosch[1]) darauf aufmerksam, daß sich in den der Umbildung anheimfallenden Geweben fast gar keine Kalkoxalatkristalle vorfinden. Daß der Gehalt an diesen Kristallen mit der Ernährung zusammenhängt, geht aus den Arbeiten von Benecke[2]) hervor, der bei seinen Kulturen fand, daß Zufuhr von Nitraten die Kalkoxalatbildung befördert, Ernährung mit Ammon dieselbe verringert.

Von den Parasiten, welche Gummifluß erzeugen, ist in erster Linie das *Clasterosporium carpophilum* (*Coryneum Beijerinckii*) zu nennen. Indes gehört selbst hier eine bestimmte Disposition des Organs dazu, wenn der Pilz wirksam sein soll; denn Aderhold[3]) fand bei seinen Impfversuchen an Blättern, daß Pilzflecke ohne Gummibildung auftraten, wie auch umgekehrt Wunden mit reichlicher Gummibildung in der Mittelrippe des Blattes und im Kambium der Zweige zu finden waren, bei denen der Pilz fehlte. So verhalten sich auch die übrigen Parasiten: *Cytospora leucostoma*; *Monilia fructigena* und *cinerea*, *Botrytis cinerea* und mancherlei Bakterienarten[4]).

Bei einigen der genannten Parasiten ist es sehr wohl möglich, daß Oxalsäure das von ihnen produzierte Gift ist, welches die Gummose veranlaßt.

Bevor wir die Frage nach der Heilung des Gummiflusses berühren, ist es nötig, die Aufmerksamkeit auf die Bedingungen zu richten, unter denen die Krankheit auftritt. Am häufigsten findet man in der pomologischen Literatur die Ansicht Duhamels bestätigt, daß Kirschbäume, welche in eine zu kräftige Erde gepflanzt sind, am meisten der Krankheit unterworfen scheinen. Beweise finden wir namentlich bei Pfirsich und Kirsche, wenn man unter einer zu kräftigen Erde eine tonige verstehen will; auf lockerem, warmem Boden, der sehr reich sein kann, findet sich Gummifluß seltener. Reichlich begegnen wir ferner der Gummibildung bei größeren, ungeschlossenen Astwunden. Ebenso sehen wir dieselbe namentlich bei jungen Pfirsichzweigen auftreten, deren Rinde durch Quetschung oder Reibung stärker verletzt worden ist, oder bei solchen Bäumen, deren Holz infolge schattigen Standorts nicht genügend ausreift.

Bei Sorauers Versuchen, bei denen von einer größeren Anzahl von Kirschbäumen im Frühjahr die sämtlichen Augen entfernt worden waren, trat mit sehr wenigen Ausnahmen Gummifluß ein. Bei anderen Versuchen,

---

[1]) Mikosch, K., Untersuchungen über die Entstehung des Kirschgummis. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-Nat. Kl. CXV, 1, S. 911 (1906).

[2]) Benecke, W., Über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen. Bot. Zeit. LXI (1903); vgl. Bot. Centralbl. (Lotsy) 1903, Nr. 27, S. 16.

[3]) Aderhold, R., Über *Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderh. u. d. Bezieh. desselb. z. Gummifluß d. Steinobstes. Arb. d. Biol. Abt. d. Kais. Gesundheitsamtes II (1902), Heft V.

[4]) Ruhland, W., Über Arabinbildung durch Bakterien und deren Beziehung zum Gummi der Amygdalaceen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XXIV (1906) Heft 7.

bei welchen die Stämme auf eine größere Länge geschält worden waren, erschien an denjenigen oberen Ringelschnittstellen, an denen sich keine Neubildungen in Form von Überwallungsrändern gebildet hatten, die Gummosis in der Rinde. Bekannt ist endlich, daß starke Wurzel- oder Kronenbeschädigung bei dem Verpflanzen sowie auch schlechte Veredlung Veranlassung zur Gummibildung geben.

Alle diese Verwundungen wirken unserer Ansicht nach nicht durch Nekrobiose, sondern durch einfachen Wundreiz, der ein übermäßiges Zuströmen von Baumaterial veranlaßt, welches nicht normale Verwendung finden kann. Es stellt sich gleichsam eine Überstürzung in der Neubildung von Zellen ein, die sich in der Anlage parenchymatischer Elemente an Stelle prosenchymatischer Zellen kundgibt, wie bei allen sonstigen Wundheilungsvorgängen. Es wird also die Tätigkeit der Zellneubildung übermäßig gefördert zu einer Zeit, in welcher bereits die aufbauenden Enzyme vorherrschen und die Wandverdickungen sowie das Ablagern von Reservestoffen übernehmen sollten. Dieses Vorherrschen der Enzyme des Jugendzustandes führt zur Verflüssigung der abwegig gebildeten Gewebegruppen. Eine solche Verschiebung der Enzymtätigkeit ist in ihrer Wirkung wie eine Welle aufzufassen, die sich im Baume so lange fortpflanzt, bis ihr durch eine andere Bildungsrichtung Halt geboten wird. Nach den Erfahrungen der Praxis wird ihr ein solches Halt geboten durch alle diejenigen Faktoren, welche normale Holzreife und rechtzeitige Niederschlagung reicher Reservestoffmengen bedingen: lockerer Boden, sonniger freier Standort und Kalkzufuhr, Vermeidung überreicher Stickstoffdüngung.

Zur Behandlung der gummiflüssigen Wunden wird von mehreren Seiten die Anwendung von Weinessig warm empfohlen; mir fehlen darüber persönliche Erfahrungen.

Vgl. auch unten S. 957 Gummose der Feigen.

Gummifluß bei anderen Gewächsen.

Gummifluß der Akazien.

Daß die Bildung des Akaziengummis auf ähnlichen Metamorphosen wie die des Kirschgummis beruht, bestätigt Möller[1]), der ganz allgemein ausspricht, daß das Gummi der Akazien immer durch Umwandlung der Zellmembran, von außen nach innen fortschreitend, entsteht. Zunächst sind es die Membranen des Parenchyms und der Siebröhren, welche der Auflösung verfallen. (Die zusammengesunkenen Siebröhren bilden Wigands Hornprosenchym.) Möller beobachtete das Gummi stets als Rindenprodukt und fand, daß dasselbe je nach der Zone, in welcher es entsteht, verschieden ist. Durch die Lösung der Innenrinde entsteht arabisches Gummi, während eine dem Kirschgummi ähnliche, weniger lösliche Form in der Mittelrinde auftritt, was wohl von dem Alterszustande der metamorphosierten Gewebe abhängen möchte[2]).

Als eine der Ursachen, welche den Ausfluß von Senegalgummi aus

---

[1]) Möller, Über die Entstehung des Akaziengummis. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften. Wien 1875, Juniheft.

[2]) Über das verschiedene Verhältnis von Zellulose und Gummi zueinander bei verschiedenen Schleimen vgl. Tollens und Kirchner, Untersuchungen über den Pflanzenschleim; vgl. Biedermanns Centralbl. 1875, II, S. 28. — Betreffs der Bildung der als Galaktose bekannten Zuckerart aus allen in Wasser löslichen Schleimen bei Behandlung mit verdünnter Säure s. Gireaud, Etude comparative des gommes et des mucilages. Compt. rend. LXXX, S. 477. — Peter Claëssen, Über Arabinose; vgl. Jahresber. f. Agrikulturchemie 1881, S. 88.

Acacia verek veranlassen, erwähnt Martins[1]) die Einwirkung trockener Wüstenwinde, welche im Herbst und Winter wehen und die durch die August- und Septemberregen gelockerte Rinde der Akazie zum Aufreißen bringen. Andere Wundstellen, welche die Ergießung von Gummi zur Folge haben, werden durch einen Schmarotzer, den Martins als *Loranthus Senegalensis* bezeichnet, veranlaßt. Auch kryptogame Parasiten werden imstande sein, ein ständiges Offenhalten von Wunden zu veranlassen und damit einen Reiz zur Gummibildung auszuüben. Wie das *Coryneum Beijerinckii* bei den Amygdaleen wirkt, *Coryneum gummiparum*, das Oudemans als Knospenform von *Pleospora gummipara* betrachtet.

Nach Foëx (vgl. S. 927) ist die von ihm wie von Quanjer bei der Blattrollkrankheit der Kartoffel stets beobachtete Phloemnekrose eine Erscheinung des Pektinabbaus, der aber nicht wie bei der Akazie bis zur Bildung von Gummifluß geht.

Gummifluß der Pomeranzen[2]).

Die italienischen Kulturen von Pomeranzen- (*Citrus vulgaris*), Zitronen- (*C. limonum*) und Apfelsinenbäumen (*C. aurantium*) leiden seit vielen Jahren an einer immer mehr an Ausdehnung gewinnenden Krankheit dem „mal della gomma" der Italiener, welcher derartige Beschädigungen verursacht, daß nach Novellis[3]) das italienische Ministerium für Ackerbau und Handel vor Jahren eine Prämie von 25000 Lire für ein bewährtes Heilmittel ausgesetzt hatte.

Die Krankheit beginnt mit dem Auftreten schwarzer, schnell sich vergrößernder Rindenfleckchen am Stamme und an den Ästen, namentlich an den Gabelenden. Nach einiger Zeit platzt die geschwärzte Rindenstelle, und aus der Wundfläche ergießt sich eine gelblichweiße Flüssigkeit, die allmählich konsistenter und klebriger wird und schließlich zu gelben Perlen oder einem glasurartigen Überzuge erstarrt. Das Holz unter der Rindenöffnung ist braun und im Zustande gummöser Auflösung. Wenn das Gummi auf andere Regionen des Baumes durch den Regen geschwemmt wird, soll es neue Krankheitsherde erzeugen. Ähnliche Behauptungen finden wir auch betreffs des Akaziengummis, und es ist gar nicht unmöglich, daß solche Fälle vorkommen. Sie würden sich, wie bei der Mosaikkrankheit des Tabaks, in der Weise erklären lassen, daß die abwegige Enzymkombination, die in der Gummibildung ihren Ausdruck findet, den Anstoß zu ähnlicher Umlagerung in disponierten gesunden Exemplaren gibt und sich wie eine Wellenbewegung oder ein Feuerbrand weiter fortpflanzt; vgl. S. 900ff.

Die Gummose wird für den Baum tödlich, wenn die Gummiherde einen größeren Teil des Stammumfanges einnehmen. Nach Flühler[4]) leiden die Zitronen am meisten, die Pomeranzen am wenigsten. Stecklinge scheinen die Krankheitsanlage beizubehalten und ebenso veredelte Exemplare einen größeren Prozentsatz an Kranken zu geben als unveredelt gebliebene Sämlinge. Reichliche Düngung, starke Bewässerung, toniger

---

[1]) Martins, Sur un mode particulier d'excrétion de la gomme arabique produite par l'Acacia Verek du Sénégal. Compt. rend. 1875, I, p. 607. — Kiliani, Über arabisches Gummi. Berl. chem. Ges.; vgl. Jahresber. f. Agrikulturchemie 1882, S. 88.

[2]) Savastano, L., Note di patologia arborea. Napoli 1907. Die Arbeit enthält verschiedene Beiträge zur Gummose.

[3]) Novellis, Ettore de, Il male della gomma degli agrumi, L'Agric. Mer. Portici 1879; vgl. Bot. Centralbl. I, 1880, S. 469.

[4]) Flühler, Die Krankheit der Agrumen in Sizilien. Biedermanns Centralbl. 1874, S. 368.

Boden vermehren das Übel, das auch zunehmen soll, wenn Zwischenfrüchte, wie Kürbis, Bohne, Liebesapfel, Tabak u. dgl., welche starke Düngung verlangen, gebaut werden.

Sorauer hält die Krankheit der Agrumen für genau dieselbe Erscheinung wie den Gummifluß bei den Amygdaleen. Von den italienischen Autoren macht Peglion[1]) darauf aufmerksam, daß der Unterbau von Pflanzen, die eine reiche Düngung bedürfen, schädlich sei. Stalldünger ist wenig geeignet für die Agrumen; die Früchte werden zwar groß, bleiben aber dickschalig und sauer.

An den Oliven erklärt Comes die „Brusca" für eine ausgesprochene Gummosis. Dem Gummifluß analog ist das namentlich an Wundstellen eintretende Ausfließen durchsichtiger, gummöser Massen bei *Elaeagnus canadensis*, das Frank genauer beschrieben hat. Sorauer sah Gummibildung außerdem bei Palmen, Gurken, Kakteen, Hyazinthenzwiebeln.

Gummifluß bei Bromeliaceen.

Molisch teilte als erster eine Beobachtung von Gummifluß bei *Tillandsia Zahnii* mit, später konstatierte Boresch[2]) bei noch 15 andern Arten dieselbe Krankheit. Das Gummi trat aus dem Stamme, aus Bäumen heraus, die meist in Parenchym der Rinde sich befanden, bei *Pitcairnia Roezlii* aber auch am Grunde der Blätter gefunden wurden. Als Ursache der Bildung möchte Boresch eine unregelmäßige Tätigkeit des primären Meristems ansehen. Gewisse Gewebekomplexe zeigen eine besondere Neigung zur Gummibildung; die Gummiräume werden wenigstens zum Teil schon in der ganz jungen Pflanze angelegt. In der Nähe des Vegetationskegels findet man bereits Stellen, an denen nicht (wie bei gesunden) die Zellen von luftführenden Interzellularräumen umgeben sind. Die jüngsten zu oberst befindlichen Räume, welche sehr klein sind und noch kein Gummi enthalten, stellen den Anfang zu den später oft so groß werdenden und mit Gummi vollgepfropften Höhlungen vor und scheinen auf schizogene Weise durch Auseinanderweichen der Zellwände gebildet zu sein. Die angrenzenden oben noch jungen Zellen des Meristems wölben sich thyllenartig in den Raum vor und können sich auch teilen; sie machen ganz den Eindruck, als wollten sie den ganzen Hohlraum ausfüllen. Fast gleichzeitig hiermit setzt auch die Gummibildung ein; in den Membranen der umgebenden Zellen treten kartenartige Verbreiterungen auf, den Wandungen der Zellen lagert sich Gummi auf; dieses quillt ganz bedeutend, bis schließlich der ganze Raum mit Gummi erfüllt ist. Mit der Gummibildung hat der lysigene Prozeß eingesetzt, dem die meisten Gummiräume ihre Entstehung verdanken, während ein Teil anscheinend auf schizolysigene Weise entsteht.

Dintenkrankheit der echten Kastanie.

Nach Gibelli[3]) zeichnet sich die Krankheit durch das Auftreten welker, gelber Blätter und kleiner, zuckerärmerer Früchte aus. An jungen

[1]) Peglion, V., La concimazione e le malattie nella coltura degli agrumi. Boll. di Entomol. agrar. etc. VII, 1900, S. 30; vgl. Bot. Jahresber. 1901, 1, S. 479.

[2]) Boresch, K., Über Gummifluß bei Bromeliazeen nebst Beiträgen zu ihrer Anatomie. Sitzungsber. K. Akad. Wiss. Wien CXVII, 1 (1908).

[3]) Gibelli, La Malattia del Castagno, Modena 1879; vgl. Bot. Jahresber. 1879, 2, S. 375. — Gibelli ed G. Antonielli, Sopra una nuova malattia dei Castagni, Atti R. accad. Sc. Modena XVIII (1878). — Cugini, Sopra una malattia che devasta i castagneti italiani, Giorn. agr. It. XII (1878).

Bäumen vertrocknet die Stammbasis unter Braunfärbung der Rinde, deren Gewebe bis stecknadelkopfgroße Tanninkonkretionen aufweist. Die Analysen zeigen das Charakteristikum schlecht wachsender Pflanzen, nämlich großen Aschengehalt im Verhältnis zur Trockensubstanz; in der Asche erkennt man Mangel an Kali und Phosphorsäure und bedeutende Zunahme an Eisenoxyd.

Betreffs der kugeligen Abscheidungen, welche Tanninreaktionen zeigen, scheint die Krankheit verwandt mit einer Form des Mal nero beim Weinstock (s. S. 766ff.). Diese Form wird von Comes[1]) direkt als Gummosis angesprochen. Nach Cugini[2]) zeigt sich die Krankheit der Kastanie, durch welche im Frühjahr die Entwicklung der Knospen ganz verhindert oder doch gestört wird, durch das Erscheinen schwarzer Streifen und Flecke an Zweigen, Blattstielen und Rippen, Ranken und Traubenstielen an. Die Flecke erstrecken sich auf das Innere der Organe, und zwar im Stamme sogar bis auf das Kernholz. Außerdem charakterisiert sich die Krankheit durch das in den parenchymatischen Elementen des Achsenkörpers erfolgende Auftreten gelbbrauner Granulationen, die oft das ganze Zellumen ausfüllen und weder aus eiweißhaltiger Substanz noch aus Zellulose bestehen. Cugini, der übrigens die Erscheinung doch für parasitär hält, konstatierte auch das Auftreten von Vergrünungen der Blüten und bringt diese Erscheinungen mit der Krankheit in Zusammenhang. Unter den Pathologen, welche Parasiten gefunden haben, herrscht aber wiederum Meinungsverschiedenheit. Prillieux[3]) hält *Roesleria hypogaea* für die Ursache, während Hartig[4]) diesen Pilz als Begleiterscheinung und einen anderen, *Dematophora necatrix*, für den eigentlichen Parasiten erklärt.

Spätere Untersuchungen, namentlich von Pirotta[5]) ausgeführt, tun dar, daß die angegebenen Körnchen in den Zellen die Gerbstoffreaktion zeigen und direkt aus den Stärkekörnern hervorgehen. Er fand sehr häufig, aber doch nicht immer, Rhizomorphen an den kranken Wurzeln; dennoch glaubt er diese Tatsache nicht zwingend genug, um die Krankheit als Pilzerkrankung ansprechen zu müssen. Comes zeigte, daß die fraglichen Körner keine Gerbstoffanhäufungen darstellen, sondern aus einer anderen Grundsubstanz (Gummi) bestehen, die nur mit Tannin getränkt ist.

Gummose der Feigenbäume.

Die schon seit den Zeiten des Theophrast bekannte Krankheit des Feigenbaumes („Marciume del Fico" der Italiener) hat durch Savastano[6]) eine eingehende Bearbeitung erfahren und ist von diesem Beobachter als eine Gummosis erkannt worden.

---

[1]) Comes, Il Mal nero della vite. — Primi risultati degli esperimenti fatti per la cura della Gommosi o Mal nero della vite. — Sul preteso tannino scoperto nelle viti affette da Mal nero. Alle in L. Agric. Merid. V. Portici 1882, vgl. Bot. Jahresber. 1882, II, S. 652.

[2]) Cugini, Ricerche sul Mal nero della Vite. Bologna 1881, 3 Taf., vgl. Bot. Centralbl. 1881, Bd. VIII, S. 147. — Nuovo indagini sul Mal nero della Vite. Bologna 1882. — Il Mal nero della Vite. Firenze 1883.

[3]) Prillieux, La pourridié des vignes de la Haute-Marne, produit par le Roesleria hypogaea. Paris 1882.

[4]) Hartig, R., Rhizomorpha (Dematophora) necatrix. Der Wurzelpilz des Weinstocks. Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München. 1883, III, S. 95; vgl. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 46 (Bd. XVI), S. 208.

[5]) Pirotta, Primi studii sul Mal nero o Mal dello Spacco nelle viti Le vit. amer. I, 1882; vgl. Bot. Jahresber. 1882, II, S. 652.

[6]) Savastano, L., Il Marciume del Fico. Annuario della R. Scuola Sup. d'Agricult. Portici, Vol. III, fasc. V, 1884 con 4. tav. crom. (nach brieflicher Mitteilung).

Am deutlichsten zeigt sich die Krankheit, der die alten Pflanzen mehr als die jungen ausgesetzt sind, in den Monaten Juli bis September, wo die Blätter gelb werden und abfallen, ebenso wie die Früchte. Obgleich man auf den welken und toten Blättern zahlreiche Pilze und auch Insekten findet (*Fumago salicina*, *Uredo Ficus*, *Phyllosticta sycophila*, *Sporodesmium*, *Coccus caricae*), so sind diese Parasiten doch nicht als die Ursache der Krankheit anzusehen. An den Stämmen und Ästen findet man meist keine Veränderung, wohl aber an der Wurzel, in welcher der Hauptsitz der Krankheit zu suchen ist. Im hochgradigen Stadium erscheinen die Wurzeläste bis an den Wurzelhals schwärzlich, teilweise aufgespalten oder schon geradezu verfault.

An den durch Sprossen erzogenen jungen Pflanzen bemerkt man, daß der Sitz der Krankheit in den Wurzelzweigen der Mutterpflanzen zu finden ist, von wo aus die weitere Verbreitung allseitig, besonders aber in aufsteigender Richtung stattfindet. Die meist erkrankte Schicht ist die äußerste; nur zuweilen ist das Innere hochgradiger zerstört. Hat die Zersetzung den Wurzelhals erreicht, geht die Pflanze unbedingt dem Tode entgegen.

Bei dem ersten Erscheinen der Krankheit findet man Zellen und Gefäße mit einer Substanz erfüllt, welche anfangs zitronengelb und später dunkelbernsteingelb erscheint. Zuerst sind die Zellwände damit tapeziert und später das ganze Lumen ausgefüllt; mit der Zunahme dieser Füllmasse verschwindet die Stärke. Schon bei Sämlingen beobachtete Savastano die Entstehung von Gummiherden an der Übergangsstelle der jungen Würzelchen in die oberirdischen Achsen. Ähnliches sah Sorauer bei Süßkirschen, welche äußerlich keine Spur von Erkrankung auffinden ließen.

Auch an Stamm und Zweigen sah Savastano die Gummosis auftreten; in deren Gummi fand er eine Substanz, die ähnlich dem bei der Gummose des Ölbaumes auftretenden Olivile zu sein scheint. Die Gummose der oberirdischen Achse wird von den schon bei Sämlingen in den Wurzeln sich vorfindenden Gummidrusen abgeleitet. Erst nachdem die Pflanzen gummikrank geworden, ließ sich die Rhizomorpha, die von anderen Forschern für die Ursache der Erkrankung angesprochen wird, nachweisen. Unter Rotfärbung der Wandungen gehen die Parenchymzellen der Wurzeln einen Humifikationsprozeß ein, bei dem durch Verschwinden der organischen Substanz das spezifische Gewicht des Gewebes immer geringer wird.

Eine spätere Arbeit von Savastano[1]) gibt die Resultate vergleichender Untersuchungen gummoser Exemplare von *Amyglalus Persica* und *communis*, *Prunus cerasus*, *domestica*, *insititia*, *mahaleb* und *Armeniaca*, sowie von *Citrus aurantium*, *limonum*, *vulgaris* und *nobilis* und auch von *Olea Europaea.* Die Ergebnisse zeigen, daß die Gummose der genannten Pflanzen mit der von *Ficus Carica* viel Gemeinschaftliches hat. Bei allen erfolgt die Bildung der Gummiherde entweder infolge von Verwundungen oder ohne jede äußere Veranlassung. Wenn die Wunde schnell und vollkommen überwallt wird, trocknet in der Regel das gebildete Gummi zu spröden Massen zusammen und bleibt für die Umgebung schadlos. Tritt dagegen Feuchtigkeit an die Wundstellen, dann wird das Gummi weich erhalten,

---

[1]) Gommose caulinaire dans les Aurantiacées, Amygdalées, le Figuier, l'Olivier et noircissement du Noyer. Compt. rend. I, Décembre 1884. Paris.

leicht in die Umgebung der Wundfläche gebracht und auch diese der Gummose unterworfen.

Die Gummose der Kokospalme, und zwar des Stammes und der Blattachse, die Kleinblättrigkeit, starke Blattkrankheit und Samenfäule mit sich bringt, ist nach Morstatt[1]) in ihren Ursachen noch nicht bekannt.

Der Mannafluß.

An Stelle des Gummis treten bei manchen Pflanzen zuckerhaltige, erhärtende, helle Massen aus der Rinde junger Stämme und Zweige, die als „Manna“ im Handel vorkommen. Das austretende Verflüssigungsprodukt enthält Mannit, der durch Ausziehen mit Weingeist in feinen, schwach süß schmeckenden, weißen, seideglänzenden Kristallen erhalten werden kann und auch künstlich sich aus einzelnen Zuckerarten darstellen läßt. Untersuchungen über Mannafluß rühren bereits von Meyen[2]) her. Nach diesem Forscher werden die großen Mengen Manna, welche aus Italien kommen, künstlich einer Eschenart, der Mannaesche, *Fraxinus ornus*, entlockt, indem man gegen Ende Juli Einschnitte in die Rinde macht. Aus diesen Einschnitten fließt allmählich das Manna als dicker, süßer, an der Luft erhärtender Saft aus.

Als weitere mannaliefernde Pflanzen sind *Tamarix mannifera, Eucalyptus mannifera, Alhagi Maurorum* u. a. genannt[3]).

d) Harzflüsse (Resinose)[4]).

Das, was der Gummifluß bei Amygdaleen und der Mannafluß bei Oleazeen, ist der Harzfluß (Resinosis) bei den Koniferen. Derselbe tritt bald im Holzkörper auf, bald ergreift er Parenchym und Bastzellen der Rinde. Die ersten Zustände der Krankheit zeigen sich im Kienigwerden des Holzes; der ausgebildete Zustand besteht in Bildung großer Mengen gleichmäßiger Harzmassen in verschieden großen Hohlräumen der Achse, die gewöhnlich Harzbeulen genannt werden. Bekannt ist, daß Harz normalerweise als Zellinhalt in Tropfenform oder, wie bei den Leimzotten mancher Gehölzknospen, in Gestalt von Zwischenlamellen der Zellwand oder endlich, wie bei unseren Kiefern und Fichten, in bestimmt verteilten, eigentümlichen Harzgängen vorkommt. In der Umgegend des Harzganges zeigt der Inhalt vieler Parenchymzellen Harztropfen und Stärkekörner, von denen nicht selten einzelne mit Harzüberzug versehen sind. Das Material zur Füllung der großen Harzbehälter muß notwendig zunächst die Umgebung liefern. Ob dieses Material in Form von Harz wandert, wie N. J. C. Müller[5]) annimmt, oder in Form einer anderen Verbindung und sich dort erst zu Harz umbildet, wo es als solches aufgefunden wird,

---

[1]) Morstatt, H., Die Schädlinge und Krankheiten der Kokospalme. Arbeiten biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. X (1920), S. 195—242 mit Abb.

[2]) Pflanzenpathologie, S. 228.

[3]) Ausführliches darüber vgl. Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreichs, S. 24ff.

[4]) Vgl. auch Frank, A. B., Krankheiten der Pflanzen, S. 75ff.

[5]) Müller, (Über die Verteilung der Harze usw. in Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. 1866—67, S. 387ff.) sagt, die großen Massen Harz in den Harzgängen können nicht anders hineingelangen als durch Wanderung durch viele Zellmembranen. Müller findet die Zellmembranen permeabel für die Harze. Längeres Liegen von dünnen Kienholzquerschnitten in Wasser macht, daß alles Harz in der Zellwand durch Wasser ersetzt wird.

wie Hanstein[1]) anzunehmen geneigt ist, das fällt für unsere Betrachtung wenig ins Gewicht, da wir festzuhalten haben, daß die Bildung größerer Harz- und Gummimassen nur möglich ist durch Umwandlung zuströmender, plastischer Nahrung zu den Orten, wo die Verflüssigung stattfindet, also positiver Säfteverlust ist. Dazu kommt bei der Resinose wie bei der Gummose, daß auch die geformte Pflanzensubstanz in Gestalt von Holz- und Rindengewebe und von Stärkekörnern der Verflüssigung verfällt, und daß auf diese Weise bedeutendes Material verlorengeht. Nach den Untersuchungen von Karsten[2]) und Wigand[3]) erscheint das Holz zunächst kienig, d. h. mit Harz und Balsam durchtränkt, Innerhalb der meisten Zellen dieses harzgetränkten Gewebes zeigt sich das Harz als Wandbekleidung oder in Tropfen zusammengeflossen, während andere Zellen schon vollständig mit dieser Masse angefüllt sind. In dem Maße, als der Harzreichtum im Innern der Zelle zunimmt, werden die ursprünglich dicken Wandungen der Zelle immer dünner, bis schließlich nur noch eine feine Umgrenzung übrigbleibt, die sich in die Harzmasse allmählich verliert.

Wie bei dem Gummifluß, erscheinen auch hier die Markstrahlen länger widerstandsfähig, da man dieselben noch deutlich in die gleichartige, sie umgebende Harzmasse der aufgelösten Holzzellen hineinragen sieht; es fehlt zur vollkommenen Analogie beider Vorgänge nur der Nachweis, daß bei dem Harzfluß auch ein abnormes Holzparenchym gebildet werde, das unbedingt der Verharzung verfällt.

Daß, geradeso wie bei der Gummosis, die Stärkekörner bei der Resinosis der Verflüssigung erliegen, ist mehrfach beobachtet worden. Stärke liefert sicherlich einen großen Teil des Harzes bei dem Harzfluß. Wiesner (Sitzungsbericht d. Akad. d. Wissensch. zu Wien LI) gibt z. B. an, daß im Innern der Markstrahlzellen der Laubbäume sich Harzkörper vorfinden, die den Bau des Stärkemehlkornes besitzen. Dieselben werden selten durch Jod allein blau, öfter durch Jod und Schwefelsäure. Mit Cuoxam zeigen sie die Zellstoffreaktion; gegen Eisenchlorid reagieren sie wie Gerbstoff. Daher schließt Wiesner aus seinen Untersuchungen, daß eine große Menge des in der Natur vorkommenden Harzes aus Stärkekörnern oder aus in Gerbmehl sich umwandelnden Stärkekörnern besteht. Er hält den Gerbstoff für das Zwischenglied zwischen Zellulose und Harz.

Den Beweis, daß auch bei dem Harzfluß ein abnormes Parenchymholz gebildet wird, das der Verharzung und Schmelzung verfällt, finden wir in einer sehr eingehenden Studie von Nottberg[4]) über die Harzgallen. Nottberg weist nun nach, daß infolge irgendeiner Verwundung, die bis auf das Kambium geht, dieses mit der Produktion eines „Tracheidalparenchyms" antwortet, das allmählich zu den normalen Tracheiden

---

[1]) Hanstein (Über die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Bot. Zeit. 1868, Nr. 43ff.) spricht über das Auftreten von Harz zuerst in den Fugen von Sekretionszellen als schmales Band zwischen Kuticula und Zellulosehaut. Dies sind unzweifelhaft gewichtige Gründe für die Annahme, „daß auch das Harz, welches zuerst in Gestalt von Zwischenwandschichten auftritt, seine eigentliche Natur erst annimmt, nachdem es noch in anderer Gestalt die Zellwand durchsetzt hat und als Zwischenschicht abgelagert ist".

[2]) Karsten, H., Über die Entstehung des Harzes, Wachses, Gummis und Schleims durch die assimilierende Tätigkeit der Zellmembranen. Bot. Zeit. 1857, S. 316.

[3]) Wigand, Über die Desorganisation der Pflanzenzelle. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. III, S. 165.

[4]) Nottberg, P., Experimentaluntersuchungen über die Entstehung von Harzgallen und verwandter Gebilde bei unseren Abietineen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VII (1897), S. 131ff. Hier auch weitere Literatur.

wieder übergeht. Die infolge der Verwundung mit der Außenwelt in Berührung kommenden Tracheiden des Splintes verstopfen ihre Lumina mit einer wundgummiähnlichen Masse, welche in Weingeist unlöslich ist, aber nach der Behandlung mit dem Schultzeschen Gemisch sich löst. Gleichzeitig tritt im Holzkörper meist Verkienung ein. Die einzelnen Zellen des pathologischen Parenchyms beginnen unmittelbar nach ihrer Entstehung im Innern Harz zu bilden (Harzzellen). Die Membranen der Zellen des Tracheidenparenchyms verholzen sehr frühzeitig; die unverdickten Elemente dagegen zeigen, solange sie erhalten bleiben, stets nur die Zellulosereaktion. In den Harzzellen erkennt man eine bestimmte Schicht, in welcher sich das Harz bildet (resinogene Schicht). (Abb. 267.) Nottberg, dem wir die genannte Abbildung entnehmen, läßt es unbestimmt, ob diese resinogene Schicht ein „Bildungsprodukt der Membran oder des Plasmas ist".

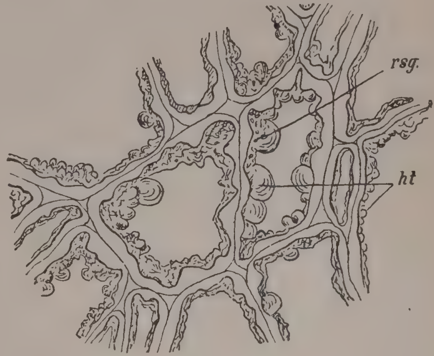


Abb. 267. Zellen des Tracheïdalparenchyms von *Pinus strobus* mit der resinogenen Schicht *rsg*; *ht* Harztröpfchen. (Nach Nottberg.)

Die pathologische Harzbildung darf als der von jeher verbreitetste Verflüssigungsvorgang bezeichnet werden, den wir im Pflanzenreiche



Abb. 268. Verkienungsprozeß, beginnend mit der Bildung eines lysigenen Harzganges im Holz. 205:1. (Nach Conwentz.)

kennen, und der in der Tertiärzeit ebenso vorhanden war wie jetzt. Denn Conwentz gibt in seiner durch vortreffliche Abbildungen ausgezeichneten Monographie der baltischen Bernsteinbäume (*Pinus succinifera*) an: „Es gab kaum einen gesunden Baum im ganzen Bernsteinwald — das Patho-

logische war die Regel, das Normale die Ausnahme[1])." Wir können die Vorgänge der Resinose gar nicht besser zur Darstellung bringen als durch die Kopien von Bernsteinschliffen, die Conwentz abgebildet hat (Abb. 268 bis 271).

Wie in der Jetztzeit, sehen wir den Verkienungsprozeß in der Weise beginnen, daß Verharzung und Schmelzung der Membranen und schließlich

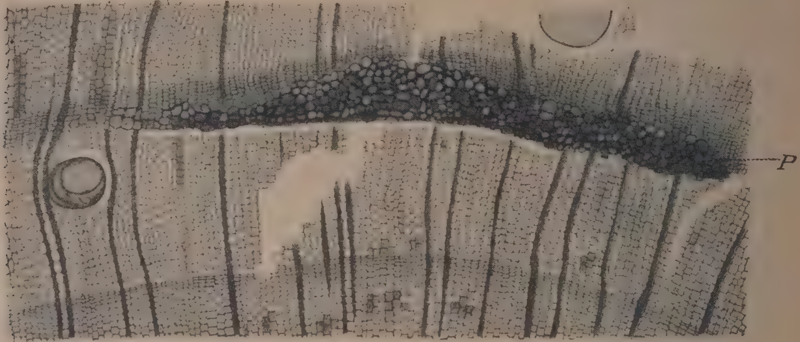


Abb. 269. Horizontalschliff. Im Sommerholz eines Jahresringes liegt eine Gruppe von abnormem Holzparenchym (P). 56:1. Die Lücken im Gewebe sind durch Herausfallen einzelner Teile beim Schleifen entstanden. (Nach Conwentz.)

der ganzen Zelle samt Inhalt sich an einzelnen Gruppen zwischen zwei Markstrahlen einstellt (Abb. 268). Hier braucht noch kein anatomisch abweichendes Gewebe zu bestehen; aber in der Mehrzahl der Fälle ist solches vorhanden, und zwar in Form von Parenchymholz, das in tangen-

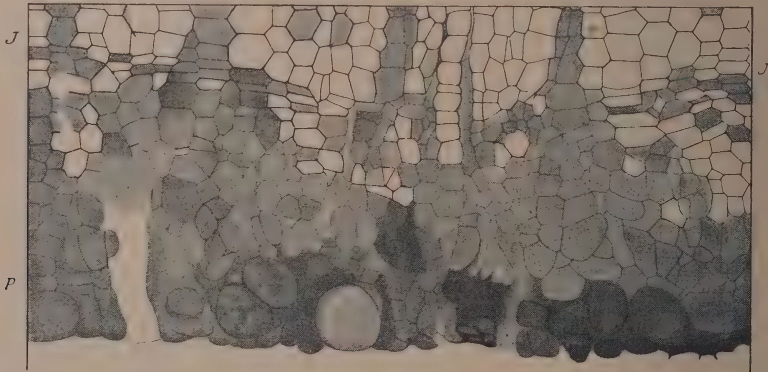


Abb. 270. Horizontalschliff mit abnormem Parenchymholz P, das in Succinose begriffen ist. Das abnorme Gewebe liegt im Sommerholz. J ist die Grenze des Jahresringes. 210:1. (Nach Conwentz.)

tialen Binden angelegt wird. Conwentz beschreibt diese Binden (Abb. 269) im Sommerholz. Sorauer hat sie bei unseren Hölzern bisher vorherrschend im Frühjahrsholz gefunden, so daß der neue Jahresring sofort oder nach wenigen Zellreihen mit dem abnormen Holz begann. Die Entstehung

[1]) Conwentz, Monographie der baltischen Bernsteinbäume. Danzig 1890, S. 145.

dieser Binden führt Sorauer auf vorübergehende Lockerung in der Rindenspannung zurück (s. Frosterscheinungen). Dieses abnorme parenchymatische Holz zeigt sich in vollständigster Verharzung in Abb. 270. Die entstandenen Harz- bzw. Bernsteinmassen können die Rinde gänzlich vom Holzzylinder abdrängen. Solche Rindenelemente fand Conwentz noch so gut erhalten, daß er die Zellkerne nachweisen konnte (Abb. 271).

Bei der Verflüssigung des festen Tracheidalparenchyms sah Nottberg die tertiäre Membran am längsten erhalten, wie dies bei der Ausbreitung der Gummiherde der Kirsche ebenfalls zu beobachten ist.

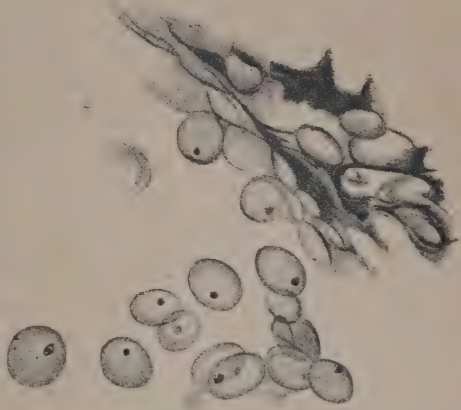


Abb. 271. Gruppe von Parenchymzellen der Außenrinde, welche durch Verharzung einer ringförmigen abnormen Holzparenchymzone vom zentralen Holzzylinder vollständig getrennt worden ist. In den Rindenzellen erkennt man noch die Zellkerne. (Nach Conwentz.)

Je nachdem eine Wunde alsbald ausheilt oder ständig weiter um sich greift, unterscheidet Nottberg gutartige und bösartige Wunden. Bemerkenswert ist noch, daß auch die Bäume, welche normalerweise gar keine Sekretbehälter im Holze führen (Edeltanne), sich nach Verwundungen reich an Harzgängen, namentlich in den Überwallungsrändern, erweisen. Diese Untersuchungen werden von v. Faber[1]) bestätigt, der noch hervorhebt, daß die pathologischen Harzkanäle schizogen gebildet werden; sie anastomosieren in der Tangentialebene, bilden ein zusammenhängendes Netz und ragen mit ihren offenen Enden in die Wunde hinein. Oberhalb derselben sind die Harzkanäle zahlreicher und länger als unterhalb derselben.

Gegenüber den Angaben, daß die Veranlassung zur Resinosis stets in Wunden zu suchen sei, behauptet Sorauer wohl mit Recht, wie bei der Gummosis, daß der Verflüssigungsprozeß auch autochthon, ohne Wundreiz entstehen kann. Man beobachtete dies bei Sämlingspflanzen von Kiefern aus stark gedüngten Baumschulen; ebenso finden sich derartige Vorkommnisse bei älteren Pflanzen von *Pseudotsuga taxifolia*, *Abies alba*, *A. Fraseri* und *A. concolor*, welche Rindenauftreibungen zeigten, die sich als eine lysigene Erweiterung schizogener Harzgänge erwiesen. Die Bäume standen auf feuchtem, moorigem Boden, der in Intervallen von 2—3 Jahren kräftig gedüngt wurde.

Ebenso zeigt sich die Resinose als Konstitutionskrankheit, also als Äußerung einer im gesamten Pflanzenkörper sich verbreitenden Neigung zur übermäßigen Harzbildung auch an alten Bäumen. Diese Allgemeinerkrankung hat Sorauer als „chronische Resinose" von der örtlich infolge von Wundreiz entstehenden und lokalisiert bleibenden, mit Austritt profuser Harzmassen verbundenen „akuten Resinose" unterschieden[2]).

[1]) v. Faber, E., Experimentaluntersuchungen über die Entstehung des Harzflusses bei Abietineen. Dissertation, Bern 1901.

[2]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1908.

Dementsprechend würde man auch eine chronische und akute Gummose auseinanderzuhalten haben.

Harzbildung bei dikolyten Gewächsen.

Parallel mit den im vorigen Abschnitt geschilderten Vorgängen zeigt sich auch die Entstehung von Harzen und Gummiharzen bei den dikolyten Gewächsen. Svendsen[1]) fand, daß die Gummiharze bei *Styrax*, *Liquidambar*, *Toluifera* u. a. pathologische Produkte sind, die infolge von Verwundungen entstehen. Nach jeder bis an das Kambium gehenden Verletzung bildet sich ein Wundholz, das sich durch seinen tracheidalparenchymartigen Charakter auszeichnet und allmählich wieder in normales Holz übergeht. Die Vorgänge sind also überall dieselben, wie wir sie bei den Frostwunden beschrieben und abgebildet haben. Der Wundreiz macht sich im Altholz durch Verstopfung der Gefäße mit Thyllen oder Bassorinverschluß geltend. Das um die Wunde sich bildende, zunächst parenchymatische Neuholz weist schizogen entstehende, lysigen sich erweiternde Harzkanäle auf; die Verharzung ergreift dann das Parenchymholz mit Ausnahme größerer Teile der Markstrahlen und setzt sich später auf die Rinde fort, wo sie, was hervorzuheben ist, innerhalb der Rindenstrahlen bemerkt wird. Wie bei den Nadelhölzern, ist auch bei den Dikotylen die pathologische Harzbildung von der Anwesenheit normaler Harzkanäle vollständig unabhängig. Bei dem Peru- und Tolubalsam scheinen die Verhältnisse komplizierter zu sein.

Also, soweit wir die pathologische Harzbildung überschauen können, entspricht sie vollkommen der Gummose, und somit gelten für die Resinose dieselben Gesichtspunkte, die wir früher ausgesprochen: nicht der Wundreiz an sich ist das zur Verflüssigung der festen Gewebe anregende Prinzip, sondern enzymatische Wirkungen, die wir vorläufig nicht präzisieren können, die aber im Erfolg sich darin äußern, daß einzelne Gewebegruppen im jugendlichen Zustande verharren und durch Oxydation schmelzen. Diese Vorgänge können durch Wunden eingeleitet werden, aber auch selbständig durch abwegige Ernährung entstehen. Sie sind abhängig von einer gewissen Entwicklungsphase, namentlich der Zeit des Austreibens der Gehölze. Vorhandene Schmelzungsherde vermögen durch Übertragung ihrer Enzyme auf normales Dauergewebe sich zu vergrößern.

Als Gummiharzbildung ist wohl am bekanntesten die wohlriechende Ausscheidung an alten Efeustämmen, die sich sowohl an verletzten wie an unverletzten Pflanzen findet[2]).

---

[1]) Svendsen, Carl Johan, Über den Harzfluß bei den Dikotylen, speziell bei *Styrax*, *Canarium*, *Shorea*, *Toluifera* und *Liquidambar*. Archif for Mathematik og Naturvidenskab. Kristiania XXVI (1905), Nr. 13.

[2]) Vgl. Dragendorff, Heilpflanzen. S. 503. — Wehmer, Die Pflanzenstoffe (1911), S. 544.

Nachträge.

Während der langen Dauer der Drucklegung dieses Bandes ist zahlreiche neue Literatur zu unserer Kenntnis gelangt. Soweit der Satz noch nicht umbrochen war, wurde das Neue eingeschaltet; in die fertigen Druckbogen war dies unmöglich. Um aber möglichst vollständig abzuschließen, soll das Wichtigste hier nachgetragen werden:

Vorrede. Während des Druckes erschien neben dem Lehrbuch der pilzparasitären Pflanzenkrankheiten von Höstermann u. Noack[1]) ein Buch von Morstatt[2]): Einführung in die Pflanzenpathologie, in dem auch eine Übersicht der nichtparasitären Krankheiten, der pathologischen Pflanzenanatomie und der pathologischen Pflanzenphysiologie gegeben ist.

S. 184. Über die „Bodensäurekrankheit", der neuerdings viel Beachtung geschenkt wird, berichtet neuerdings Ludwigs[3]). An Roggen, Hafer und Gerste tritt in der Provinz Brandenburg auf leichtem Boden die Erkrankung in zunehmendem Maße auf; sie äußert sich dadurch, daß die Pflanzen im Frühjahr im Wachstum zurückbleiben, die Blätter sich gelb färben oder fleckig werden und die Wurzeln sich verlängern und dunkel werden. Die Bestockung ist schwach und bei Trockenheit sterben die Pflanzen ab. Durch Kalkzufuhr soll die Krankheit behoben werden.

S. 249. Gelbsucht der Birnbäume beobachtete Lüstner[4]) 1921 als Folge des Mangels an Feuchtigkeit und damit Mangels an Nährstoffen und Mißverhältnis zwischen Unterlage und Edelreis. Die oberen fruchtbaren Bodenschichten trockneten zu sehr aus (am 4. August wurde in 1 m Tiefe noch 22,2° C gemessen. Flachwurzelnde auf Quitten veredelte litten am meisten.

S. 283. Nach Kaiser[5]) soll feuchter kalter Boden und Mangel an Nährstoffen in ungünstigen Jahren das Glasigwerden der Äpfel begünstigen. Kräftiges Kalken des Bodens und im nächsten Jahre eine Volldüngung aus Kali, Phosphorsäure und Stickstoff werden als Gegenmittel empfohlen. Die anfälligsten Sorten werden a. a. O. genannt.

---

[1]) Höstermann, Gust. und Martin Noack, Lehrbuch der pilzparasitären Pflanzenkrankheiten mit besonderer Berücksichtigung der Krankheiten gärtnerischer Kulturgewächse. 271 S. mit 104 Abb. Berlin, Paul Parey 1923.

[2]) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie, ein Lehrbuch für Land- und Forstwirte, Gärtner und Biologen. 159 S. mit 4 Abb. Sammlung Bornträger I. Berlin, Gebr. Bornträger 1923.

[3]) Ludwigs, K., Beobachtungen über die Bodensäurekrankheit am Getreide. Nachrichtenblatt f. d. dt. Pflanzenschutzdienst III (1923), S. 41f.

[4]) Lüstner, Gust., Die diesjährige Neigung der Birnbäume zur Gelbsucht. Prakt. Ratgeber im Obst- und Gartenbau XXXVI (1921), S. 351; vgl. Laubert, Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten XXXIII (1923), S. 299.

[5]) Kaiser, P. Das Glasigwerden der Apfelfrüchte. Erfurter Führer im Obst- und Gartenbau XXIII (1922), S. 57; vgl. Laubert, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 299.

S. 287. Die Steinsucht (Lithiasis) der Birnen wird nach Zschokke[1]) auch durch Blindwarzen (Capriden) hervorgerufen, vgl. darüber in der Abteilung tierische Schädlinge dieses Werkes.

S. 297. Für eine Folge des vegetabilischen Honigtaus sieht Lüstner[2]) beim Wein auf den Blättern auftretende dunkle Flecke an, die vielfach für durch Kurtakol hervorgerufene Spritzflecke gehalten wurden. Die Flecke stellen eine physiologische Erkrankung dar, die auf Transpirationsstörungen zurückzuführen sei. Bei Beginn der Erkrankung bilden sich zuerst gelbliche, dann braune Flecke im Innern des Blattgewebes, später zwischen den Nerven liegende braune Flecke, die sich über das ganze Blatt erstrecken können. Die Krankheit hat die meiste Ähnlichkeit mit der Braunfleckigkeit, Blattbräune (Brunissure). Vgl. S. 532.

S. 322. Auf Kalkmangel führt Molz[3]) eine Erkrankung des Roggens zurück, die 1922 in vielen Bezirken der Provinz Sachsen auftrat. In der ersten Hälfte des Mai blieben die Pflanzen im Wachstum zurück, zeigten ein fast gelbgraues Aussehen, anthozyanotische Verfärbung und braune Flecke, schließlich gingen sie zugrunde. Himmelsroggen litt stark, Petkuser nicht. Verf. empfiehlt 2—3 Ztr. gebrannten gelöschten Kalk je Morgen zu geben, sowie im Herbst 35 Ztr. kohlensauren Kalk. Der Stickstoff ist in den betr. Böden nie als schwefelsaures Ammoniak, sondern als Natronsalpeter oder Kalkstickstoff zu geben.

S. 370. Rippel[4]) erzeugte neuerdings künstlich Verbänderungen von *Taraxacum taraxacum*, was schon vor mehreren Jahrzehnten von Paul Magnus versucht worden war. Er ließ die Pflanze durch zwei durch einen Spalt von 1 cm entfernte Brettchen hindurch wachsen und düngte sie dabei reichlich. Vererbt konnte die Verbänderung nicht werden.

S. 406. Eine Proliferation an *Agropyrum* (*Triticum*) *cristatum*, an der an Stelle der Ährchen lange beblätterte Triebe stehen, beschreibt und bildet ab Piper[5]).

S. 413. Über die Anfälligkeit gegenüber der Stippfleckenkrankheit der Äpfel berichtet neuerdings P. Kaiser[6]). Er führt die Sorten auf. Am meisten wurden die größten und vollkommensten Äpfel befallen, die Früchte im Innern der Baumkrone mehr als die äußeren am Baum, spät gepflückte mehr als früh geerntete. Sommerschnitt und starkes Beschneiden fördert die Krankheit, ebenso nasse sonnenarme Jahre, sowie reichliche Bewässerung, Jauchen und Düngen mit stickstoffhaltigen Düngern.

---

[1]) Zschokke, Th., Über das Steinigwerden der Birnen und über Mißbildungen an Obstfrüchten. Landw. Jahrb. der Schweiz XXVI (1922), S. 575—593, mit vielen Abb.; vgl. auch Matouschek, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 280.

[2]) Lüstner, Gust., Über die vermeintlichen Kurtakolschäden. Weinbau u. Kellerwirtschaft II (1923), S. 71f.

[3]) Molz, E., Über eine weit verbreitete Roggenerkrankung. Dt. Landw. Presse XLIX (1922), S. 284; vgl. Laubert, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 251.

[4]) Rippel, Aug., Die experimentelle Erziehung von verbänderten Blütenachsen an *Taraxacum officinale L.* durch seitlichen Druck. Angew. Bot. IV (1922), S. 95—106, mit Abb.

[5]) Piper, C. V., An unusual type of proliferation in *Agropyrum cristatum*. Journ. of Heredity XII (1921), S. 423, mit Abb.

[6]) Kaiser, P., Die Stippfleckenkrankheit der Äpfel. Gartenwelt XXVII (1923), S. 204f.; vgl. Laubert, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIV (1924), S. 36f.

S. 481. Auf übermäßige Hitze und Trockenheit mit starker Sonnenbestrahlung möchte Lutman[1]) die Spitzendürre der Kartoffel zurückführen. Die Gewebe sterben unter den Wasserspalten unter Bräunung und Schrumpfung ab.

S. 490. Über Sturmwirkungen an den Maitrieben der Kiefer berichten Wolff und Krausse[2]), wie sie Liese auch durch langanhaltendes Schlagen aneinander hervorrufen konnte.

S. 492. Über die schlechten Stammformen der Kiefern in Dänemark in den verschiedenen Rassen (nordische, deutsche, schottische usw.) als Folge der Windwirkungen usw. berichtet Oppermann[3]) (Sortierung der Windschäden).

S. 506. Stuber[4]) berichtet über das plötzliche Absterben von vielen Tausenden von jungen Apfelbäumen in Kärnten 1922 nach der Blütezeit. Als Ursache sieht der Verf. die große Trockenheit des Vorjahres und die tagelange Kälte von — 30° im Winter an.

S. 503. ff Über Winterfrostschäden an Koniferen berichtet auch neuerdings G. Funk[5]).

S. 583. Daß Pfirsichknospen im März sehr viel weniger Kälte ertragen als im Februar, berichtet Johnston[6]) neuerdings.

S. 691. Bei starker Belichtung im direkten Sonnenlichte starb eine chlorophylldefekte Haferform nach Angaben von Åkermann[7]) ab.

S. 701. Als Folge der Harznutzung schildert Planke[8]) den nachteiligen Einfluß auf Zapfengröße, Samenmenge, Größe des Samenkorns, Keimfähigkeit und Keimenergie, dies um so mehr, je länger die Nutzung ausgeführt wird. Die Zapfen sind dann erheblich kleiner, leichter, dunkelbraun bis schwarz. Der Keimprozeß dauert 36—48 Stunden und länger, ergibt schwächere und fahlere Keime.

S. 749. Dunkelgefärbte Maserungen lassen sich nach Costantin[9]) durch geschickte Verwundungen namentlich an *Castanea* (sogen. Malteserkreuze [vgl. oben S. 596 die durch Frost erzeugten „Landwehrkreuze"]) hervorrufen. Das Holz ist dann für Kunstdrechslereien sehr geschätzt.

---

[1]) Lutman, B. F., The relation of the water pores and stomata of the potato leaf to the early and advance of tips burn. Phytopathology XII (1922), S. 305—333, mit 15 Abb.

[2]) Wolff, Max, und Ant. Krausse, Eine eigentümliche Beschädigung des Maitriebes von *Pinus silvestris* durch die Julistürme im Jahre 1922. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwes. LV (1923), S. 112—115, mit 1 Tafel.

[3]) Oppermann, A., Skovfyr i Midtag Vestjylland. Forstl. Forsogsvaesen i Danmark Kjöbenhavn VI (1922), S. 137—336, mit 51 Abb.; vgl. Matouschek, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 249.

[4]) Stuber, V., Plötzliches Absterben der Obstbäume. Wien. landw. Ztg. LXXII (1922), S. 298—299.

[5]) Funk, Georg, Vergleichende Beobachtungen über Winterfrostschädigungen bei Koniferen. Mitt. Dt. Landw. Ges. 1922, S. 135—144.

[6]) Johnston, Carl, S., Underkooling of peach buds. Americ. Journ. of Bot. IX (1922), S. 93—98, mit 1 Tafel.

[7]) Åkermann, Å., Untersuchungen über eine im direkten Sonnenlichte nicht lebensfähige Sippe von Avena sativa. Hereditas III (1922), S. 147—177, mit 2 Abb.

[8]) Planke, Samenerzeugung geharzter Föhren. Forstwiss. Zentralbl. XLIV (1922), S. 172—175, mit Tab.

[9]) Costantin, J., Sur les croix de Malte présentées par les bois soumis à des traumatismes. Comptes rend. acad. sc. Paris CLXXIV (1922), S. 1313—1316.

S. 836. Pieri[1]) hat durch Einimpfung von Säuren die Wirkung der schwefligen Säure studiert und gefunden, daß eine erhebliche Veränderung der Mineralbestandteile stattfand.

S. 836. In allerneuester Zeit berichtet H. Pape[2]) über eine allem Anschein nach durch schweflige Säure verursachte, in verschiedenen Teilen Deutschlands aufgetretene Krankheit der *Primula obconica*, deren Blätter in sehr charakteristischer Weise fleckig verfärbt sind. Verf. bildet die anatomischen Befunde ab; auch wir können bestätigen, daß die genannte Pflanze gegen Rauchvergiftung sehr empfindlich ist.

S. 843. Über rauchkranke Böden und ihre Benutzung zu Äckern und Wiesen hat sich neuerdings auch Wieler[3]) ausgesprochen. Aufforstung soll ausgeschlossen bleiben, solange die Rauchquelle besteht.

S. 891. Huppenthal[4]) hat Versuche mit Uspulun über den Einfluß auf die Keimung verschiedener landwirtschaftlicher Nutzpflanzen gemacht. Wie zu erwarten, zeigte der Reiz bei manchen (z. B. Rüben) eine deutliche Förderung, bei den meisten andern wenig oder gar keine Schädigung. — Jochems[5]) studierte den Einfluß des Schwefelkohlenstoffes auf die Keimfähigkeit der Tabaksamen. Mit dem Schwefelkohlenstoff sollte ein schädlicher Käfer getötet werden. Bei absoluter Lufttrockenheit leidet die Keimfähigkeit der Samen auch unter der höchsten Konzentration des Schwefelkohlenstoffes nicht, bei größter Luftfeuchtigkeit und 0,15 bis 0,20 Schwefelkohlenstoff im Liter Luft wurden die Tabaksamen nach zweitägiger Einwirkung getötet.

S. 891. Schoeller[6]) hat neuerdings die Frage der Einwirkung organischer Quecksilberverbindungen auf das Pflanzenwachstum studiert. Mit Uspulun kann man den normalen Verlauf des Wachstums steigern („Pathobiose“ Heubners), den Effekt könnte man nach dem Verf. „eubiotisch“ nennen. Den eubiotischen Zustand nennt er den der Zellfunktionen bei höherer biologischer Leistung, den pathobiotischen den bei Verminderung derselben.

S. 893. Eine Stoffwechselstörung bedeutet zweifellos auch das Auftreten stärkehaltiger Leinsamen, über die E. Schilling[7]) berichtet.

---

[1]) Pieri, C., Ricerche sullo postamento di alcuné componenti minerali dei vegetali medianti inoculazioni di un acido inorganico. Atti Soc. Tosc. Sc. nat. Memor. XXXIII (1922), S. 198—216.

[2]) Pape, H., Über eine Blatterkrankung bei *Primula obconica* Hance. Angew. Bot. VI (1924), S. 255—275, mit 2 Taf. u. 2 Abb.

[3]) Wieler, A., Die Beteiligung des Bodens an den durch Rauchsäure hervorgerufenen Vegetationsschäden. Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. LIV (1922), S. 539—543.

[4]) Huppenthal, K., Der Einfluß der Samenbeize „Uspulun“ auf die Keimung der Samen. Robnik, Organ der landw. Ges. Lemberg LIII (1921), Nr. 9; vgl. Frickhinger Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 243.— Vgl. auch Werth, A. L., Weitere Beobachtungen über die Saatbeize Uspulun. Mitt. Verein. Förd. Moorkultur im Dtsch. Reiche 1922, Nr. 1 Fig. sowie Gehring, A., und Brothuhn, G., Über die Wirkung verschiedener Reizmittel auf Rüben (I. Beizversuche mit Germisan). Fühlings Landw. Ztg. LXXI (1922), S. 281—289.

[5]) Jochems, S. C. J., De invloed van zwavelkoolstof op da kiemkracht van tabakszaad. Bull. Deli Proefst. te Medan-Sumatra XVII (1922). Mit engl. Resumé; vgl. Kirchner, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 145.

[6]) Schoeller, W., Die biochemische Bedeutung der organischen Quecksilberverbindungen. Die Naturwissenschaften X (1922), S. 1071—1079, mit 1 Abb.; vgl. Matouschek, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 215.

[7]) Schilling, E., Weißfleckige und stärkehaltige Leinsamen. Faserforschung II (1922), S. 276—281, mit 1 Tafel.

S. 896. Über buntblättrige Gehölze berichtet in einer Artikelserie neuerdings E. Küster[1]) in den verschiedenen Formen der Erscheinung der Panachure. Über die Vererbung gelbgestreiften Hafers stellte W. Christie[2]) Versuche an: Selbstbestäubung an der Sorte „Möistad-Grenadierhafer" mit gelbgestreiften Blättern ergab gelbgestreifte und grüne Pflanzen, die gelbstreifigen Pflanzen spalteten wieder, die grünen taten dies zum Teil, die anderen gaben grüne Nachkommen. Es ist aber fraglich, ob wirklich mendelnde Merkmale vorliegen.

S. 907. Die von A. Weber[3]) erwähnten Tomatenkrankheiten durch „ultramikroskopische" Organismen gehören wohl zweifellos auch zu den übertragbaren enzymatischen Erkrankungen.

S. 907. Über die enzymatischen Krankheiten und ihre Erreger bzw. Ursachen sind, wie oben angegeben, auch heute noch die Anschauungen geteilt und darin, wie z. B. bei der Besprechung der Blattrollkrankheit der Kartoffel (vgl. S. 913) angegeben ist, versuchten manche Forscher noch die Entdeckung gewisser Lebewesen als Erreger. In neuester Zeit haben sich besonders Butlar[4]), Duggar und Karrer[5]) mit dieser Frage befaßt. Ersterer studierte besonders die Fälle der Übertragung des „Virus" und die Wanderungsmöglichkeiten im Pflanzenkörper, die beiden letzteren suchten die Größe der Infektionsteilchen („infective particles") zu ermitteln. Sie kommen zu dem Resultat, daß die Teilchen die Größe frischer Hämoglobinteilchen (30 $\mu\mu$ Durchmesser) haben. Nimmt man die phytopathogenen Bakterien mit 1000 $\mu\mu$ an, so verhalten sich die Durchmesser der die Mosaikkrankheit erzeugenden Teilchen zu den phytopathogenen Bakterien wie 30 : 1000. Für die Volumina berechnen die Verfasser mit Rücksicht auf die Kugelgestalt für beide das Verhältnis 1 : 37000.

S. 907. Auch Gram[6]) hält für die Blattrollkrankheit der Kartoffel einen ultramikroskopischen Organismus für den Erreger. Klima und Witterung sind die entscheidenden Faktoren für die Entstehung und Ausbreitung der Epidemien.

---

[1]) Küster, E., Zur Kenntnis der panaschierten Gehölze. Mitt. Dtsch. Dendr. Ges. 1., 2. Mitt. (1919), S. 85; 3. Mitt. (1921), S. 141; 4. Mitt. (1922), S. 110 bis 112, mit 8 Abb.

[2]) Christie, W., Die Vererbung gelbstreifiger Blattfarbe bei Hafer. Ztschr. f. indukt. Abst.- u. Vererbungslehre XXVII (1921), S. 134—141; vgl. Matouschek, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIII (1923), S. 298.

[3]) Weber, Anna, Tomatsygdomme. Aarbog for Gartneri IV (1922), Kjöbenhavn, S. 81—150, mit 3 Taf.

[4]) Butler, E. J., Some charakteristics of the virus diseases of plants. Brit. Med. Journ. 1922, Nr. 3229, S. 963—964.

[5]) Duggar, B. M., a Karrer, Joanne L., The sizes of the infective particles in the mosaic disease of tobacco. Ann. Missouri Bot. Gard. VIII (1922), S. 343—356. — Diese und vorige Arbeit vgl. auch Matouschek, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIV (1924), S. 35.

[6]) Gram, Ernst, Forsög med Avlsstedets Inflydelse paa Kartoffelens Bladrullsygde. Tidsskr. for Planteavl. XXVIII (1922), S. 769—806; vgl. Kirchner, Ztschr. f. Pflzkrkh. XXXIV (1924), S. 35.

Sachregister.

Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstr. 68—71.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW 11, Hedemannstraße 10 u. 11.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten.

Begründet von Paul Sorauer.

Erster Band.

Die nichtparasitären Krankheiten. Bearbeitet von Professor **Dr. Paul Graebner** in Berlin. Fünfte, neubearbeitete Auflage. Mit 264 Textabbildungen. *In Ganzleinen gebunden, Preis Gm. 36,—.*

Zweiter Band.

Die pflanzlichen Parasiten. Erster Teil. Herausgegeben von Prof. **Dr. G. Lindau** unter Mitwirkung von Reg.-Rat **Dr. E. Riehm,** Mitglied der Biologischen Reichsanstalt in Berlin. Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit 50 Textabbildungen. *In Ganzleinen gebunden, Preis Gm. 16,—.*

Dritter Band.

Die pflanzlichen Parasiten. Zweiter Teil. Herausgegeben von Prof. **Dr. G. Lindau** unter Mitwirkung von **Dr. E. Köhler,** Reg.-Rat **Dr. R. Laubert, Dr. W. Wollenweber** und **Dr. H. Zillig.** Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit 55 Textabbildungen. *In Ganzleinen gebunden, Preis Gm. 15,—.*

Vierter Band.

Die tierischen Feinde. Erster Teil. Bearbeitet von Prof. **Dr. L. Reh.** Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit Textabbildungen. *(Im Druck.)*

Fünfter Band.

Die tierischen Feinde. Zweiter Teil. Bearbeitet von Prof. **Dr. L. Reh.** Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit zahlreichen Textabbildungen. *(Im Druck.)*

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

PAUL PAREY in BERLIN S.W. 10 Hedemannstr.
Verlagsbuchhandlung.

